



1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



RANCANG BANGUN SISTEM PENGUKURAN DAN PEMANTAUAN TINGKAT PENCEMARAN UDARA BERBASIS *INTERNET OF THINGS (IOT)*

TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Pada
Program Studi Teknik Elektro



Oleh :

PANDU ANUGRAH

11455101882

UIN SUSKA RIAU

**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SULTAN SYARIF KASIM RIAU
PEKANBARU**

2019



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

LEMBAR PERSETUJUAN

**RANCANG BANGUN SISTEM PENGUKURAN DAN PEMANTAUAN
TINGKAT PENCEMARAN UDARA BERBASIS *INTERNET OF
THINGS (IOT)***

TUGAS AKHIR

Oleh :

PANDU ANUGRAH
11455101882

Telah diperiksa dan disetujui sebagai Laporan Tugas Akhir Program Studi Teknik Elektro
di Pekanbaru, pada tanggal 26 Desember 2019

Ketua Program Studi

Ewi Ismaredah, S.Kom., M.Kom
NIP.19750922 200912 2 002

Pembimbing I

Aulia Ullah, ST., M.Eng
NIP.19850618 201503 1003



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

LEMBAR PENGESAHAN

**RANCANG BANGUN SISTEM PENGUKURAN DAN PEMANTAUAN
TINGKAT PENCEMARAN UDARA BERBASIS *INTERNET OF
THINGS* (IOT)**

TUGAS AKHIR

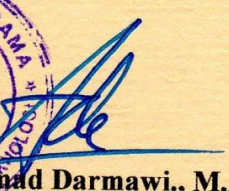
Oleh :

PANDU ANUGRAH
11455101882

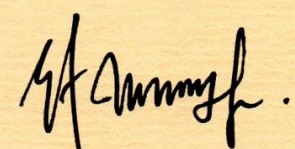
Telah dipertahankan di depan Sidang Dewan Penguji
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik
Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau
di Pekanbaru, pada tanggal 26 Desember 2019

Pekanbaru, 26 Desember 2019

Mengesahkan,

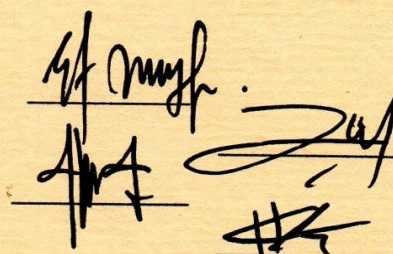
Dekan

Dr. Ahmad Darmawi., M.Ag
NIP. 19660604 199203 1 004

Ketua Program Studi


Ewi Ismaredah, S.Kom., M.Kom
NIP. 19750922 200912 2 002

DEWAN PENGUJI :

Ketua : Ewi Ismaredah, S.Kom., M.Kom
Pembimbing I : Aulia Ullah, ST., M.Eng
Penguji I : Dr. Alex Wenda, ST., M.Eng
Penguji II : Halim Mudia, ST., MT



LEMBAR HAK ATAS KEKAYAAN INTELEKTUAL

Tugas Akhir yang tidak diterbitkan ini terdaftar dan tersedia di Perpustakaan Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau adalah terbuka untuk umum dengan ketentuan bahwa hak cipta pada penulis. Referensi kepustakaan diperkenankan dicatat, tetapi pengutipan atau ringkasan hanya dapat dilakukan seizin penulis dan harus disertai dengan kebiasaan ilmiah untuk menyebutkan sumbernya.

Penggandaan atau penerbitan sebagian atau seluruh Tugas Akhir ini harus memperoleh izin dari Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau. Perpustakaan yang meminjamkan Tugas Akhir ini untuk anggotanya diharapkan untuk mengisi nama, tanda peminjaman dan tanggal pinjam.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa di dalam Tugas Akhir ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan oleh saya maupun orang lain untuk keperluan lain, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak memuat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali disebutkan dalam referensi dan dalam daftar pustaka.

Saya bersedia menerima sanksi jika pernyataan ini tidak sesuai dengan yang sebenarnya.

Pekanbaru, 26 Desember 2019

Yang membuat pernyataan,

PANDU ANUGRAH

11455101882

UIN SUSKA RIAU

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

LEMBAR PERSEMBAHAN

“Maha Suci Engkau, tidak ada yang kami ketahui selain dari apa yang telah Engkau
ajarkan kepada Kami; Sesungguhnya Engkaulah Yang Maha Mengetahui lagi Maha
Bijaksana.” {QS. Al Baqarah : 32}

Semua ini ku persembahkan kepada:

Kedua orang tuaku yang selalu berkorban, memberikan kasih sayang,
tuntunan, bimbingan, serta doa dan semangat agar selalu sabar dan
tawakal dalam menjalani hidup ini.

“....Wahai Tuhanku, kasihilah mereka keduanya, sebagaimana mereka berdua telah
mendidik aku semenjak kecil” (QS. Al Israa’ : 24)

Untuk Keluargaku dan Adik-adikku.

Terima kasih atas do’a, curahan kasih sayang dan dorongan
yang kalian berikan.

Untuk Sahabat dan Teman-teman.

Terima kasih atas doa dan dukungannya.

Semoga persahabatan kita tetap seperti ini
dan menjadi lebih baik lagi.

UIN SUSKA RIAU

DESIGN MEASURING AND MONITORING SYSTEM AIR POLLUTION BASED ON INTERNET OF THINGS (IOT)

PANDU ANUGRAH

Student Number : 11455101882

Date of Exam : 26 December 2019

Department of Electrical Engineering

Faculty of Science and Technology

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Soebrantas Street , Number. 155 Pekanbaru

ABSTRACT

Air pollution has a negative impact on health in the form of Acute Respiratory Infection (ARI) if it exceeds the established reasonable limits. Therefore, it is necessary to measure and monitor air pollutant gas so that the community can access the results of measurements that have been carried out for 24 hours so that the community can anticipate and make decisions so as not to go to the polluted area. The method used is the Internet of Things (IoT) which makes all devices connected to the internet because the results of information can be accessed 24 hours without being hindered by distance and time. From the results of the study, the website can store and display measurement data in the form of graphs and historical measurement data can be downloaded in .csv format. The gauge has been compared with the Sumatra P3E-KLHK measuring instrument and produces an average percent (%) error for O₃ gas is 3.22% and an accuracy of 96.78%. Percent (%) the average error for PM₁₀ is 27.85% and the accuracy is 72.15%. Information on the results of measurements and monitoring of air pollution levels can be accessed by the public for 24 hours with an interval of delivery every 30 minutes.

Key Word : Internet of Things (IoT), air pollutant gas, Arduino UNO, gas sensor

UIN SUSKA RIAU

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

RANCANG BANGUN SISTEM PENGUKURAN DAN PEMANTAUAN TINGKAT PENCEMARAN UDARA BERBASIS *INTERNET OF THINGS* (IOT)

PANDU ANUGRAH
NIM : 11455101882

Tanggal Sidang : 26 Desember 2019

Program Studi Teknik Elektro
Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau
Jl. Soebrantas No. 155 Pekanbaru

ABSTRAK

Pencemaran udara memberi dampak buruk bagi kesehatan yaitu berupa Infeksi Saluran Pernafasan Akut (ISPA) apabila melewati batas wajar yang ditentukan. Oleh karena itu, perlu pengukuran dan pemantauan gas pencemar udara agar masyarakat dapat mengakses hasil pengukuran yang telah dilakukan selama 24 jam sehingga masyarakat dapat mengantisipasi dan mengambil keputusan agar tidak pergi ke daerah yang tercemar. Metode yang digunakan adalah *Internet of Things* (IoT) yaitu membuat seluruh perangkat terkoneksi ke internet karena hasil informasi dapat diakses 24 jam tanpa terhalang oleh jarak dan waktu. Dari hasil penelitian, website dapat menyimpan dan menampilkan data pengukuran berupa grafik serta riwayat data pengukuran dapat didownload dengan format .csv. Alat ukur telah dibandingkan dengan alat ukur milik P3E Sumatera – KLHK dan menghasilkan persen (%) error rata-rata untuk gas O₃ adalah 3,22 % dan akurasi sebesar 96,78%. Persen (%) error rata-rata untuk PM10 adalah 27,85 % dan akurasi sebesar 72,15 %. Informasi hasil pengukuran dan pemantauan tingkat pencemaran udara selama dapat diakses oleh masyarakat selama 24 jam dengan selang waktu pengiriman setiap 30 menit.

Kata Kunci : *Internet of Things (IoT)*, gas-gas pencemar udara, Arduino UNO, sensor gas

UIN SUSKA RIAU

KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum wa rahmatullahi wa barakatuh

Puji serta syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang senantiasa melimpahkan rahmat, hidayah serta karunia - Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini. Shalawat serta salam juga tak lupa penulis curahkan kepada junjungan kita Nabi Besar Muhammad SAW. terselesaikannya penyusunan laporan tugas akhir yang berjudul **“Rancang Bangun Sistem Pengukuran dan Pemantauan Tingkat Pencemaran Udara Berbasis *Internet of Things* (IoT)”** ini mempunyai tujuan yaitu selain dalam memenuhi syarat kelulusan pada program studi Teknik Elektro jenjang sarjana Fakultas Sains dan Teknologi pada Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau, juga untuk mengukur kemampuan penulis dalam mengimplementasikan hasil dari pembelajaran yang selama ini didapat dalam proses pembelajaran di kampus. Penulis menyadari bahwa penulisan laporan tugas akhir ini masih jauh dari kata sempurna, keterbatasan pengetahuan, pengalaman dan kemampuan yang penulis miliki dalam menyajikan materi-materi merupakan salah satu yang menjadi faktornya. Penulisan laporan tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan, bimbingan dan dukungan dari berbagai pihak baik moral maupun material. Maka dalam kesempatan ini penulis sampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Allah SWT atas seluruh karunia-Nya yang telah diberikan kepada penulis untuk menyelesaikan penulisan laporan ini.
2. Kedua orang tua yang telah memberikan dukungan baik moral maupun materiil serta dukungan doa tentunya, hingga proses pembuatan laporan tugas akhir ini dapat berjalan lancar.
3. Bapak Dr. Ahmad Darmawi., M.Ag, selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
4. Ibu Ewi Ismaredah, M.Kom, selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro dan juga selaku ketua sidang.
5. Bapak Aulia Ullah, ST.,M.Eng, selaku Dosen Pembimbing penulis yang telah banyak membantu memberikan masukan, saran, motivasi yang bersifat konstruktif,

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

- dan menginspirasi penulis dalam proses penulisan dan penyelesaian laporan tugas akhir ini.
6. Bapak Dr. Alex Wenda, ST.,M.Eng selaku penguji I dan bapak Halim Mudia, ST.,MT selaku penguji II.
 7. Para staf dan teknisi dari BMKG Riau yang sudah banyak membantu penelitian penulis.
 8. Para staf dari Pusat Pengendalian Pembangunan Ekoregion Sumatera – KLHK yang sudah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan penelitian.
 9. Teman-teman seangkatan di Program Studi Teknik Elektro dalam membantu penulis dalam melaksanakan tugas akhir ini.
 10. Seluruh pihak yang telah membantu penulis dalam mengerjakan laporan ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Penulis menyadari sepenuhnya dalam penyusunan laporan tugas akhir ini, masih banyak terdapat kekurangan dan kelemahan yang dimiliki penulis baik itu sistematika penulisan maupun penggunaan bahasa. Untuk itu penulis mengharapkan saran dan kritik dari berbagai pihak yang bersifat membangun demi penyempurnaan laporan tugas akhir ini. Semoga laporan tugas akhir ini berguna bagi pembaca secara umum dan penulis secara khusus. Akhir kata penulis ucapkan banyak terimakasih.

Wassalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Pekanbaru, 26 Desember 2019

Penulis

UIN SUSKA RIAU

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR HAK ATAS KEKAYAAN INTELEKTUAL	iv
LEMBAR PERNYATAAN	v
LEMBAR PERSEMBAHAN	vi
ABSTRACT	vii
ABSTRAK	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xix
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	I-1
1.2 Rumusan Masalah	I-3
1.3 Tujuan Penelitian	I-3
1.4 Batasan Penelitian	I-3
1.5 Manfaat Penelitian	I-4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Penelitian Terkait	II-1
2.2 Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU)	II-3
2.3 IoT (<i>Internet of Things</i>)	II-4
2.4 Arduino UNO	II-4
2.5 Software Arduino IDE	II-5
2.5.1 Struktur Pemrograman	II-6
2.6 Modul WiFi ESP8266-01	II-6
2.7 Sensor MQ7	II-6
2.8 Sensor MQ131	II-7
2.9 Sensor MQ135	II-7
2.10 Sensor Sharp gp2y1010au0f	II-8

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

2.11 LCD 16x2.....	II-9
2.12 Website MAPID.....	II-9
2.13 Sumber Listrik	II-10
2.13.1 Power Supply 9V untuk Arduino dan 5V untuk sensor.....	II-10
2.13.2 Panel Surya	II-10
2.14 <i>Solar Charge Controller</i>	II-11
2.15 Baterai 12 Volt	II-12
2.16 Teori Pengukuran	II-12

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Alur Penelitian	III-1
3.2 Analisa Kebutuhan Sistem	III-2
3.3 Tahap Perancangan Sistem	III-4
3.3.1 Perancangan Blok Diagram Sistem.....	III-4
3.3.2 Perancangan Perangkat Keras (<i>Hardware</i>).....	III-6
3.3.2.1 Perancangan Rangkaian Gas Karbon Monoksida (CO).....	III-6
3.3.2.2 Perancangan Rangkaian Gas Ozon (O ₃)	III-7
3.3.2.3 Perancangan Rangkaian Gas Nitrogen Dioksida (NO ₂)	III-8
3.3.2.4 Perancangan Rangkaian Gas Partikel Debu (PM10)	III-9
3.3.2.5 Perancangan Rangkaian Modul WiFi dan LCD 16x2	III-10
3.3.2.6 Rangkaian Adaptor 9V, 5V dan Panel Surya.....	III-12
3.3.2.7 Perancangan <i>Hardware</i> Keseluruhan.....	III-13
3.3.3 Perancangan Perangkat Lunak (<i>Software</i>)	III-15
3.3.3.1 Pemrograman pada Arduino UNO.....	III-16
3.3.3.2 Pemrograman untuk menampilkan data pada <i>website</i>	III-17
3.4 Implementasi Alat	III-18
3.5 Pengujian Sistem.....	III-18
3.5.1 Pengujian Perangkat Keras (<i>Hardware</i>)	III-18
3.5.2 Pengujian Perangkat Lunak (<i>Software</i>)	III-18
3.5.3 Pengujian Keseluruhan Sistem	III-19
3.6 Implementasi Alat	III-19
3.7 Analisa Hasil	III-20

BAB IV HASIL DAN ANALISA

4.1 Hasil Perancangan Perangkat Keras (<i>Hardware</i>)	IV-1
-----------------------------------------------------------------	------

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

4.2 Hasil Pegujian Perangkat Keras (<i>Hardware</i>).....	IV-3
4.2.1 Pengujian <i>Power Supply</i>	IV-4
4.2.2 Pengujian Panel Surya	IV-5
4.2.3 Pengujian Mikrokontroller	IV-6
4.3 Pengujian Perangkat Lunak (<i>Software</i>).....	IV-7
4.3.1 Pengujian Program LCD 16x2 I2C	IV-8
4.3.2 Pengujian Program Sensor	IV-9
4.3.3 Pengujian Program WiFi ESP8266-01	IV-10
4.4 Pengujian <i>Website</i>	IV-12
4.5 Pengujian Implementasi Sistem	IV-18
4.6 Perbandingan Hasil Pengukuran Alat	IV-22
4.6.1 Perbandingan hasil pengukuran alat ukur Karbon Monoksida (CO)	IV-23
4.6.2 Perbandingan hasil pengukuran alat ukur Ozon (O ₃).....	IV-24
4.6.3 Perbandingan hasil pengukuran alat ukur Nitrogen Dioksida (NO ₂)	IV-34
4.6.4 Perbandingan hasil pengukuran alat ukur PM10	IV-35

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan	V-1
5.2 Saran.....	V-1

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

DAFTAR GAMBAR

Gambar

Halaman

2.1	Konsep IoT (<i>Internet of Things</i>).....	II-4
2.2	Arduino UNO <i>board</i>	II-5
2.3	Tampilan <i>software</i> Arduino IDE	II-5
2.4	Modul ESP8266-01	II-6
2.5	Sensor MQ7.....	II-7
2.6	Sensor MQ131.....	II-7
2.7	Sensor MQ135.....	II-8
2.8	Sensor Sharp gp2y1010au0f.....	II-8
2.9	LCD 16x2	II-9
2.10	Tampilan website MAPID.....	II-10
2.11	Panel Surya tipe SP-20-P36.....	II-11
2.12	<i>Solar Charge Controller</i> SYK-SCPWM1024T	II-12
2.13	Baterai 12 Volt	II-12
3.1	<i>Flowchart</i> tahapan penelitian	III-1
3.2	Blok diagram rangkaian sistem keseluruhan.....	III-4
3.3	Rancangan <i>hardware</i> pengukuran dan pemantauan kualitas udara.....	III-6
3.4	Rangkaian pembacaan gas karbon monoksida (CO).....	III-7
3.5	Rangkaian pembacaan gas ozon (O ₃).....	III-8
3.6	Rangkaian pembacaan gas nitrogen dioksida (NO ₂).....	III-9
3.7	Rangkaian pembacaan gas partikel debu (PM10)	III-8

2.	Di larang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.	
1.	Di larang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:	
a.	Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.	
b.	Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.	
3.8	Rangkaian modul wifi ESP8266-01 dan LCD 16x2	III-11
3.9	Rangkaian adaptor yang digunakan sebagai sumber listrik utama.....	III-13
3.10	Rangkaian panel surya sebagai sumber listrik cadangan	III-13
3.11	Rangkaian <i>hardware</i> secara keseluruhan	III-14
3.12	<i>Flowchart</i> pemrograman pada sensor-sensor gas	III-16
3.13	<i>Flowchart</i> untuk menampilkan data pada <i>website</i>	III-17
3.14	<i>Flowchart</i> scenario pengujian keseluruhan sistem	III-20
4.1	Tampilan alat <i>box</i> sensor	IV-1
4.2	Tampilan alat secara keseluruhan	IV-2
4.3	Titik pengukuran <i>power supply</i>	IV-4
4.4	Titik pengukuran pada <i>solar charge controller</i>	IV-5
4.5	Program pengujian LCD 16x2 I2C	IV-8
4.6	Hasil pengujian LCD	IV-8
4.7	Program sensor MQ7, MQ131, MQ135 dan sensor sharp gp2y1010au0f	IV-9
4.8	Pemanggilan library dan inisialisasi variabel	IV-10
4.9	Program pengiriman data ESP8266-01	IV-11
4.10	Tampilan halaman login pada website MAPID	IV-12
4.11	Tampilan halaman utama pada website MAPID	IV-12
4.12	Tampilan grafik hasil pengukuran gas CO dan O ₃ pada website MAPID	IV-13
4.13	Tampilan grafik hasil pengukuran gas NO ₂ dan PM10 pada website MAPID ..	IV-13
4.14	Tampilan fitur untuk <i>download</i> data dan fitur lainnya pada website MAPID ..	IV-14
4.15	Tampilan fitur untuk <i>download</i> data dengan klik variabel gas	IV-14

2.	Di larang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.	
1.	Di larang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:	
a.	Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.	
b.	Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.	
4.16	Data hasil pengukuran gas CO setelah di <i>download</i> dalam format .csv	IV-15
4.17	Data hasil pengukuran gas O ₃ setelah di <i>download</i> dalam format .csv	IV-15
4.18	Data hasil pengukuran gas NO ₂ setelah di <i>download</i> dalam format .csv	IV-16
4.19	Data hasil pengukuran gas PM10 setelah di <i>download</i> dalam format .csv	IV-16
4.20	Tampilan waktu akses pengukuran	IV-17
4.21	Tampilan notifikasi yang masuk pada <i>email</i>	IV-18
4.22	Hasil alat ukur CO P3E Sumatera – KLHK yang sedang mengalami kerusakan	IV-23
4.23	Tampilan alat ukur O ₃ dalam satuan PPB milik P3E Sumatera - KLHK.....	IV-24
4.24	Hasil alat ukur O ₃ P3E Sumatera – KLHK dari tanggal 11 Desember 2019 jam 10.00 WIB sampai dengan tanggal 12 Desember 2019 jam 00.30 WIB	IV-25
4.25	Hasil alat ukur O ₃ P3E Sumatera – KLHK dari tanggal 11 Desember 2019 jam 23.00 WIB sampai dengan tanggal 12 Desember 2019 jam 13.30 WIB	IV-25
4.26	Alat ukur Ozon HORIBA milik P3E Sumatera – KLHK	IV-26
4.27	Spesifikasi dari alat ukur Ozon HORIBA milik P3E Sumatera – KLHK	IV-26
4.28	Hasil alat ukur gas NO ₂ P3E Sumatera – KLHK yang sedang mengalami kerusakan.....	IV-35
4.29	Alat ukur PM10 APDA-371 produksi HORIBA Jepang milik P3E Sumatera - KLHK	IV-36
4.30	Spesifikasi Alat ukur PM10 APDA-371 produksi HORIBA Jepang milik P3E Sumatera - KLHK.....	IV-37
4.31	Hasil alat ukur PM10 P3E Sumatera – KLHK dari tanggal 11 Desember 2019 jam 10.00 WIB sampai dengan tanggal 12 Desember 2019 jam 00.30 WIB	IV-38
4.32	Hasil alat ukur PM10 P3E Sumatera – KLHK dari tanggal 11 Desember 2019 jam 23.00 WIB sampai dengan tanggal 12 Desember 2019 jam 13.30 WIB	IV-38

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1 Parameter Indeks Standar Pencemar Udara dan periode waktu pengukuran.....	II-3
3.1 Konfigurasi pin I/O antara Arduino UNO dan sensor MQ7	III-7
3.2 Konfigurasi pin I/O antara Arduino UNO dan sensor MQ131	III-8
3.3 Konfigurasi pin I/O antara Arduino UNO dan sensor MQ135	III-9
3.4 Konfigurasi pin I/O antara Arduino UNO dan sensor Sharp gp2y1010au0f	III-10
3.5 Konfigurasi Pin I/O antara Arduino UNO, Modul WiFi ESP8266-01 dan LCD 16x2 I2C.....	III-11
3.6 Konfigurasi Pin I/O rangkaian <i>hardware</i> secara keseluruhan	III-14
3.7 Uji kemampuan <i>website</i>	III-19
4.1 Hasil titik pengukuran <i>power supply</i> dengan AVO meter	IV-4
4.2 Hasil titik pengukuran pada <i>solar charge controller</i> dengan AVO meter.....	IV-5
4.3 Pengujian tegangan pin pada Arduino	IV-7
4.4 Uji kemampuan <i>website</i>	IV-17
4.5 Implementasi terpenuhinya kebutuhan sumber tegangan	IV-19
4.6 Implementasi koneksi jaringan	IV-20
4.7 Implementasi perhitungan kadar gas O ₃ dan PM10	IV-21
4.8 Perbandingan hasil alat ukur O ₃ penulis dengan alat ukur O ₃ P3E Sumatera – KLHK	IV-27
4.9 Hasil kalibrasi gas Ozon (O ₃)	IV-31

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

4.10	Perbandingan hasil alat ukur PM10 penulis dengan alat ukur PM10 P3E Sumatera – KLHK	IV-39
4.11	Hasil kalibrasi PM10	IV-42



UIN SUSKA RIAU

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran		Halaman
A	Kode program pada Arduino UNO	A-1
B	Kode program pada ESP8266-01	B-1
C	Data suhu udara dan tekanan udara dari BMKG Riau	C-1
D	Konversi hasil pengukuran Ozon (O ₃) dari PPB menjadi $\mu\text{g}/\text{m}^3$	D-1
E	Wawancara di BMKG Riau	E-1
F	Wawancara dan penelitian di P3E Sumatera - KLHK	F-1

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Manusia dan makhluk hidup lainnya sebagai makhluk ciptaan tuhan membutuhkan udara yang bersih untuk proses pernapasan sehingga udara merupakan sumber daya alam yang harus dilindungi untuk kehidupan manusia dan makhluk hidup lainnya. Oleh karena itu udara merupakan komponen lingkungan yang sangat penting dalam kehidupan makhluk hidup sehingga perlu dijaga dan dipelihara kualitasnya. Susunan (komposisi) udara bersih yaitu Nitrogen 78,09 %, Oksigen 21,94%, Argon 0,93%, Karbon dioksida 0,032%, Nitrogen Oksida, Hidrogen, Methane, Belerang Dioksida, Ammonia dan lain-lain. Udara yang bersih dapat tercemar akibat beberapa faktor yaitu eksploitasi lingkungan yang berlebihan seperti penebangan liar yang menyebabkan kurangnya pohon, aktivitas industri yang tidak sesuai dengan standar khususnya pada pembuangan asap pembakaran ke udara, penggunaan energi fosil untuk pembangkit listrik serta transportasi dan emisi gas buang kendaraan bermotor[1].

Pencemaran udara memberi dampak buruk bagi kesehatan apabila melebihi 100 mikrogram/meterkubik ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) yaitu dapat menyebabkan infeksi saluran pernapasan akut (ISPA) seperti asma, bronkhitis, hingga kanker[2]. Untuk mencegah dampak buruk akibat pencemaran udara maka pemerintah membuat peraturan tentang indeks standar pencemar udara (ISPU). Menurut peraturan pemerintah Indeks Standar Pencemar Udara adalah partikel debu (PM 10), karbon monoksida (CO), sulfur dioksida (SO_2), nitrogen dioksida (NO_2) dan ozon (O_3). Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) dikategorikan kedalam 5 tingkatan pengukuran yaitu kategori baik pada rentang nilai pengukuran $0-50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, kategori sedang $51-100 \mu\text{g}/\text{m}^3$, kategori tidak sehat $101-199 \mu\text{g}/\text{m}^3$, kategori sangat tidak sehat $200-299 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dan kategori berbahaya lebih dari $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Oleh karena itu perlu pengukuran dan pemantauan tingkat pencemaran udara untuk mengetahui nilai gas-gas yang berbahaya sehingga nantinya dapat diambil tindakan pencegahan dengan cepat apabila konsentrasi gas-gas tersebut berada diatas ambang batas normal[2].

Hasil pengukuran tingkat pencemaran udara perlu diketahui oleh masyarakat karena pencemaran udara dapat menimbulkan gangguan terhadap kesehatan. Masyarakat perlu mengetahui waktu dan lokasi daerah yang tercemar sehingga masyarakat dapat mengantisipasi dan mengambil keputusan agar tidak pergi ke daerah yang tercemar. Menurut Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 45 Tahun 1997 Tentang :

Indeks Standar Pencemar Udara yang isinya adalah Kepala Badan Pengendalian Dampak Lingkungan (Bapedal) diwajibkan menyampaikan Indeks Standar Pencemar Udara kepada masyarakat secara nasional setiap hari[3] dan Kepala Bapedal wajib melakukan evaluasi Indeks Standar Pencemar Udara secara nasional setiap 1 (satu) tahun sekali [4], peraturan ini bertujuan untuk mempermudah penyajian informasi dan data mengenai tingkat pencemaran udara yang perlu diketahui oleh masyarakat.

Dalam melakukan pengukuran dan pemantauan tingkat pencemaran udara dibutuhkan sebuah sistem yang terdiri dari *hardware* dan *software* yang dapat mengukur dan memantau tingkat pencemaran udara. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk membuat sistem pengukuran dan pemantauan tingkat pencemaran udara adalah *Internet of Things* (IoT) yaitu membuat seluruh perangkat terkoneksi ke internet dan dapat menampilkan hasil pengukuran pada sebuah website agar dapat diakses kapanpun dan dimanapun. Metode IoT pada penelitian ini digunakan karena tempat pengukuran mempunyai jaringan internet 4G yaitu Pusat Pengendalian Pembangunan Ekoregion (P3E) Sumatera – Kementrian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) sehingga informasi hasil pengukuran lebih cepat diketahui dengan menampilkan notifikasi pada perangkat, hasil informasi dapat diakses 24 jam tanpa terhalang oleh jarak dan waktu, monitoring dapat dilakukan dari jarak jauh dan bisa cepat dalam pengambilan keputusan apabila informasi telah didapatkan. Pada dasarnya pemerintah Indonesia sudah membuat sistem tersebut namun biaya pembelian *hardware* yang didatangkan dari luar negeri sangatlah mahal yaitu sebesar 5,5 Milyar rupiah per unitnya dan *software* yang digunakan hanya dapat menampilkan data pengukuran setiap pukul 15.00[5].

Penelitian terbaru mengenai tingkat pencemaran udara telah dilakukan dalam mengukur gas CO menggunakan sensor MQ-7, mengukur gas PM10 menggunakan sensor Sharp gp2y1010au0f, mengukur suhu dan kelembapan menggunakan sensor DHT 22 dengan komunikasi gelombang radio menggunakan modul radio SI4432. Dari hasil penelitian, sistem tersebut mampu memberikan peringatan dini dan lokasi terjadinya kebakaran hutan berdasarkan titik koordinat lokasi node WSN yang mendeteksi adanya indikasi kebakaran hutan. Waktu yang dibutuhkan sistem untuk memberikan peringatan serta lokasi terjadinya kebakaran yang terhitung dari awal sistem mendeteksi adanya indikasi kebakaran sampai sistem memberikan peringatan di aplikasi pemantau dengan waktu tercepat 5 detik dan waktu terlama 36 detik. Penelitian tersebut memiliki keterbatasan pada jarak untuk mengakses informasi hasil pengukuran karena penelitian tersebut

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

menggunakan komunikasi gelombang radio sebagai media pengiriman data yang hanya bisa diakses dengan jarak maksimal 1 kilometer, gas-gas yang diukur masih belum lengkap dan belum memiliki sistem notifikasi ke pengguna. Penelitian yang akan penulis lakukan ini akan berbeda dengan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya. Penulis akan membangun alat ukur yang dapat mengukur dan memantau gas pencemar udara seperti gas CO, O₃, NO₂ dan PM10 selama 24 jam dengan tampilan *website* menggunakan jaringan internet, memberi notifikasi ke pengguna apabila nilai pengukuran melebihi batas normal dan akan membandingkan hasil pengukuran dengan Pusat Pengendalian Pembangunan Ekoregion (P3E) Sumatera – Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) untuk mengetahui akurasi dari alat yang sudah dibuat[6].

Berdasarkan uraian diatas maka penulis ingin merancang sistem pengukuran dan pemantauan tingkat pencemaran udara dan penelitian ini akan diberi judul **“Rancang Bangun Sistem Pengukuran dan Pemantauan Tingkat Pencemaran Udara Berbasis Internet of Things (IoT)”**.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah dijelaskan, disusun rumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana mengukur dan memantau gas-gas pencemar udara tanpa terhalang oleh jarak dan waktu ?
2. Bagaimana cara agar informasi hasil pengukuran dapat ditampilkan pada *website* selama 24 jam ?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Merancang sistem pengukuran dan pemantauan tingkat pencemaran udara berbasis *Internet of Things (IoT)*.
2. Memberi akses kepada masyarakat untuk melihat hasil pengukuran dan pemantauan tingkat pencemaran udara selama 24 jam.

1.4 Batasan Penelitian

Beberapa aspek permasalahan yang menjadi batasan dalam penulisan tugas akhir ini adalah :

1. Gas-gas yang dideteksi hanya 4 jenis yaitu adalah Partikel debu (PM 10), Karbon Monoksida (CO), Nitrogen Dioksida (NO₂) dan Ozon (O₃).
2. Tidak membahas tentang keamanan data yang disimpan pada database.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

3. Tidak membahas tentang keamanan website.

4. Pengujian alat dilakukan selama 26 jam dari tanggal 11 Desember 2019 pukul 10.00 WIB sampai dengan tanggal 12 Desember 2019 pukul 12.00 WIB

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Memahami konsep sistem IoT dalam pengukuran dan pemantauan kualitas udara.
2. Mempercepat proses pengambilan keputusan apabila nilai gas pencemar udara melebihi batas normal yang ditentukan.
3. Menjadi bahan acuan untuk penelitian tentang konsep IoT selanjutnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terkait

Penelitian mengenai tingkat pencemaran udara sudah banyak dilakukan oleh peneliti-peneliti terdahulu yang memiliki tema dan obyek hampir sama dengan penelitian yang dilakukan oleh penulis, seperti pada penelitian tentang perancangan dan pembuatan sistem pengukuran kualitas udara menggunakan mikrokontroller Arduino UNO yang mengukur gas CO menggunakan sensor CO-B4 dan SO₂ menggunakan sensor SO₂-B4. Media komunikasi data menggunakan modul GSM/GPRS jaringan internet yang selanjutnya ditampilkan secara waktu nyata (*real time*) pada aplikasi web. Sistem pengukuran berhasil mengirimkan data dari modul pengukur ke sistem database dengan tingkat keberhasilan pengiriman data mencapai 99,82%. Rata-rata waktu tempuh pengiriman data adalah 120 detik, sesuai dengan yang telah diprogramkan. Sensor gas CO-B4 telah berhasil dikalibrasi dengan baik dan telah menunjukkan tingkat akurasi yang sangat tinggi, yaitu sebesar 97,03% dengan rentang kesalahan absolut [10-3;18,2]%. Data hasil pengukuran tersebut sudah dikonversikan ke dalam bentuk ISPU (Indeks Standar Pencemar Udara) dan dapat diakses pada situs jaringan secara *real time* dan online. Penelitian tersebut mempunyai keterbatasan pada gas yang diukur belum lengkap karena hanya mengukur gas CO dan SO₂ serta informasi hasil pengukuran tidak bisa diakses apabila mati lampu[5].

Penelitian terbaru mengenai tingkat pencemaran udara telah dilakukan dalam mengukur gas CO menggunakan sensor MQ-7, mengukur gas PM10 menggunakan sensor Sharp gp2y1010au0f, mengukur suhu dan kelembapan menggunakan sensor DHT 22 dengan komunikasi gelombang radio menggunakan modul radio SI4432. Dari hasil penelitian, sistem tersebut mampu memberikan peringatan dini dan lokasi terjadinya kebakaran hutan berdasarkan titik koordinat lokasi node WSN yang mendeteksi adanya indikasi kebakaran hutan. Waktu yang dibutuhkan sistem untuk memberikan peringatan serta lokasi terjadinya kebakaran yang terhitung dari awal sistem mendeteksi adanya indikasi kebakaran sampai sistem memberikan peringatan di aplikasi pemantau dengan waktu tercepat 5 detik dan waktu terlama 36 detik. Penelitian tersebut memiliki keterbatasan pada jarak untuk mengakses informasi hasil pengukuran karena penelitian tersebut menggunakan komunikasi gelombang radio sebagai media pengiriman data yang hanya bisa

diakses dengan jarak maksimal 1 kilometer, gas-gas yang diukur masih belum lengkap dan belum memiliki sistem notifikasi ke pengguna[6].

Penelitian dengan topik yang sama juga dilakukan dalam monitoring kualitas udara berbasis mikrokontroller ATMEGA 8535 dengan komunikasi protokol TCP/IP yang mengukur gas CO menggunakan sensor TGS 2600 dan gas NO₂ menggunakan sensor TGS 2201. Media komunikasi yang digunakan adalah modul WIZ110SR sebagai konverter yang mengirimkan data serial ke TCP/IP dan mengubahnya kembali data yang diterima melalui IP ke dalam bentuk data serial. Pengujian hasil monitoring dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran sistem monitoring dengan alat uji gas analyzer STARGAS 898 yang digunakan sebagai acuan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kesalahan rata-rata untuk monitoring gas CO sebesar 0,821 dan gas NO₂ sebesar 0,06. Penelitian tersebut masih memiliki keterbatasan pada gas yang diukur belum lengkap karena hanya mengukur gas CO dan NO₂ serta website yang digunakan tidak online (menggunakan server localhost) sehingga informasi hasil pengukuran tidak bisa diakses dari perangkat lain[7].

Penelitian terkait dengan topik *Internet of Things* pernah dilakukan menggunakan mikrokontroller Arduino Mega 2560 dalam memantau suhu menggunakan sensor suhu DS18B20 dan kadar air kompos menggunakan sensor IC 555. Hasil suhu dan kadar air ditampilkan pada LCD 4x20 dan dapat dimonitor secara online pada situs thingspeak.com karena adanya modul wifi ESP8266. Data suhu dan kadar air bahan kompos juga disimpan pada SD card. Hasil penelitian menunjukkan tingkat akurasi dari sensor suhu DS18B20 adalah 98,15 % dan rata-rata error pengukuran jika dibandingkan dengan termometer air raksa adalah 0,5° C. Penelitian tersebut sudah berhasil mengirimkan hasil pengukuran menuju website dan apabila sistem ini diterapkan pada sistem yang dilakukan penulis kemungkinan besar akan berhasil[8].

Penelitian lainnya dengan topik *Internet of Things* juga pernah dilakukan menggunakan mikrokontroller Arduino UNO sebagai *node* (komponen pengirim data) dan Raspberry Pi 3B sebagai *gateway* (komponen penerima data) dalam pengendalian serta pemantauan suhu dan kelembapan udara menggunakan sensor DHT22 pada gudang penyimpanan beras. Arduino UNO melakukan pembacaan sensor, menampilkan indikator, mengirimkan data dan menerima data menggunakan XBee terhadap *gateway* dan melakukan proses aktuasi. XBee Pro S2B berfungsi untuk menghubungkan node dengan *gateway*. XBee mengirimkan data dengan format frame API untuk melakukan komunikasi pengiriman data

sensor dan juga pengiriman status dari node masing-masing. Raspberry pi juga kemampuan mengolah data yang telah dikirimkan dari node untuk dikirimkan ke *server*. Hasil pengukuran akan dikirim dan disimpan pada database MYSQL menggunakan modul Xbee yang menggunakan jaringan internet. Setelah data dikirim dan disimpan pada database, kemudian data akan ditampilkan pada website. Penelitian tersebut memiliki keberhasilan 99% untuk melakukan pemantauan dan pengendalian berdasarkan pengujian dari *gateway*, *node*, dan *server*. Penelitian tersebut sudah berhasil mengirimkan hasil pengukuran menuju website dan apabila sistem ini diterapkan pada sistem yang dilakukan penulis kemungkinan besar akan berhasil[9].

Berdasarkan penelitian terkait di atas tentang sistem pengukuran dan pemantauan kualitas udara berbasis *internet of things*, penelitian-penelitian yang telah dilakukan sebelumnya sudah mampu mengukur beberapa gas pencemar udara, tetapi gas yang diukur masih belum lengkap dan belum bisa diakses selama 24 jam. Oleh karena, itu peneliti tertarik untuk mengembangkan penelitian tentang sistem pengukuran kualitas udara berbasis *internet of things* dengan mengukur 4 gas pencemar udara yaitu gas karbon monoksida (CO), gas ozon (O₃), gas nitrogen dioksida (NO₂) dan Partikel debu (PM₁₀). Diharapkan akan tercipta sistem pengukuran dan pemantauan kualitas udara yang mampu melakukan pemantauan kualitas udara selama 24 jam dan tepat dalam memberikan informasi kualitas udara.

2.2 Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU)

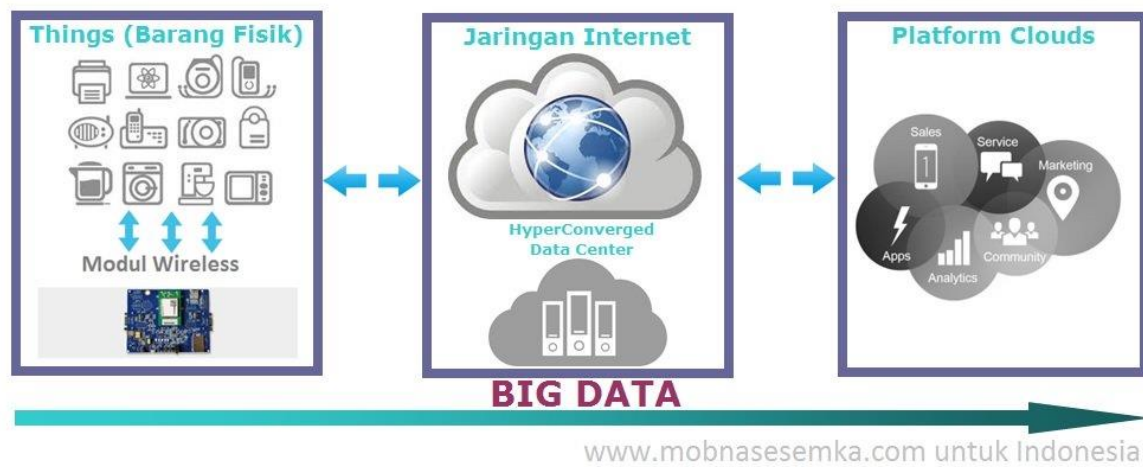
Berdasarkan keputusan Kepala Badan Pengendalian Dampak Lingkungan (BAPEDAL) nomor KEP-107/KABAPEDAL/11/1997. ISPU ditetapkan berdasarkan 5 pencemar utama yaitu karbon monoksida (CO), sulfur dioksida (SO₂), nitrogen dioksida (NO₂), ozon (O₃) dan partikel debu (PM₁₀).

Tabel 2.1 Parameter Indeks Standar Pencemar Udara dan periode waktu pengukuran [2]

No	Parameter	Waktu Pengukuran
	Partikel Debu (PM ₁₀)	24 jam (Periode pengukuran rata-rata)
	Sulfur Dioksida (SO ₂)	24 jam (Periode pengukuran rata-rata)
	Karbon Monoksida (CO)	8 jam (Periode pengukuran rata-rata)
	Ozon (O ₃)	1 jam (Periode pengukuran rata-rata)
	Nitrogen Dioksida (NO ₂)	1 jam (Periode pengukuran rata-rata)

2.3 IoT (Internet of Things)

IoT (*internet of things*) adalah sebuah teknologi yang memungkinkan untuk menghubungkan mesin, peralatan dan benda fisik lainnya dengan sensor jaringan dan aktuator untuk memperoleh data dan mengelola kinerjanya sendiri, sehingga memungkinkan mesin untuk berkolaborasi dan bahkan bertindak berdasarkan informasi baru yang diperoleh secara independen. Istilah Internet of Things awalnya disarankan oleh Kevin Ashton pada tahun 1999 dan mulai terkenal melalui Auto-ID Center di Institut Teknologi Massachusetts (*Massachusetts Institute of Technology* atau MIT) [10]. Konsep IoT dapat dilihat pada gambar 2.1 berikut ini :



Gambar 2.1 Konsep IoT (*internet of things*) [11]

2.4 Arduino UNO

Arduino UNO merupakan perangkat elektronik yang bersifat *opensource* baik dari segi *hardware* maupun *software*, selain itu juga arduino merupakan kombinasi dari *hardware*, bahasa pemrograman dan *Integrated Development Environment* (IDE). Arduino UNO merupakan *board* mikrokontroler yang menggunakan mikrokontroler ATmega328, Arduino UNO memiliki konfigurasi 14 pin *I/O* (*Input Output*) digital, yang sebagian 6 juga berfungsi sebagai PWM (*Pulse Widht Modulator*) untuk *output* analog , 6 Pin sebagai *input* analog, 1 pin RX-TX dan 1 pin AREF (*Analogue Reference*). Dengan menghubungkannya ke sebuah komputer melalui USB akan memberikan tegangan *Direct Current* (DC) dari baterai atau *adaptor Alternating Current* (AC) to DC sebagai sumber tegangan untuk arduino. Arduino menggunakan *Firmware* ATmega16U2 yang diprogram sebagai USB *to serial converter* untuk komunikasi serial ke komputer melalui port USB [12].

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

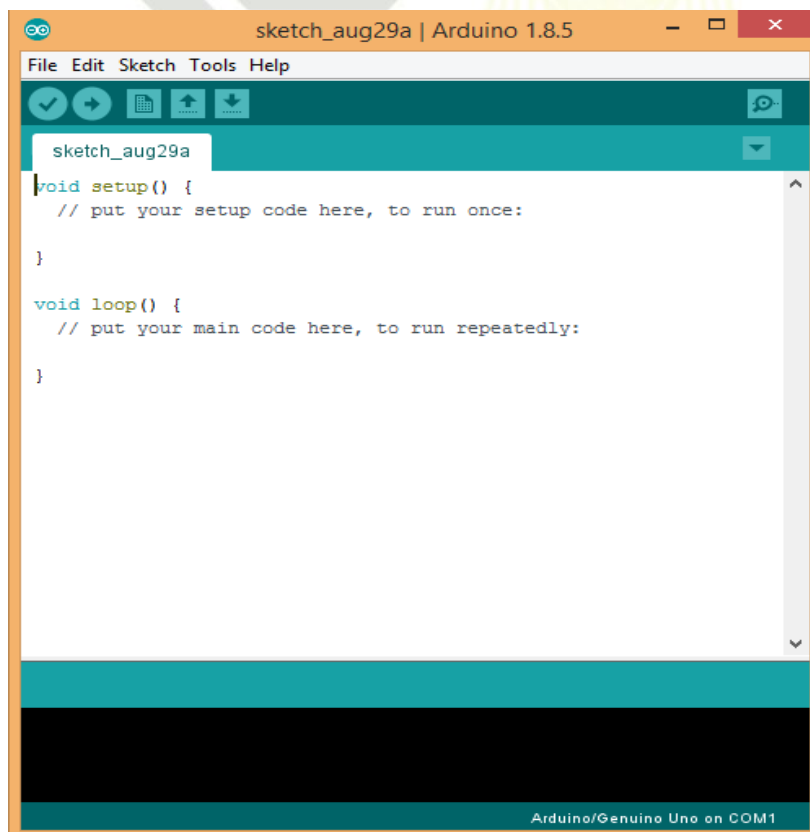
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 2.2 Arduino UNO Board [13]

2.5 Software Arduino IDE

Bahasa pemrograman arduino adalah bahasa pemrograman utama yang digunakan untuk membuat program pada *Arduino Board*, bahasa pemrograman arduino menggunakan bahasa C dan menggunakan *software* Arduino IDE sebagai *code editor*. Tampilan *software* Arduino IDE dapat dilihat pada gambar 2.3 berikut ini :



Gambar 2.3 Tampilan software Arduino IDE

2.5.1 Struktur Pemrograman

Setiap program arduino (*Sketch*) mempunyai dua buah fungsi yang harus ada, yaitu :

a. `Void setup () { }`

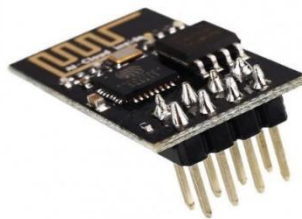
Semua kode yang ada didalam tanda kurung kurawal akan dijalankan hanya satu kali ketika program arduino dijalankan untuk pertama kalinya.

b. `Void loop () { }`

Fungsi ini akan dijalankan setelah setup (fungsi void setup) selesai. Setelah dijalankan satu kali fungsi ini akan dijalankan lagi, dan lagi secara terus menerus sampai catu daya (power) dilepaskan.

2.6 Modul WiFi ESP8266-01

ESP8266-01 adalah sebuah modul *System on Chip*(SOC) yang memiliki kapabilitas untuk terhubung dengan jaringan WIFI. ESP8266-01 memiliki *firmware* dan set AT Command yang bisa diprogram dengan Arduino IDE. GPIO (*General Port Input Output*) berfungsi mengakses pada sensor atau dihubungkan dengan Arduino, sehingga memberikan kemampuan tambahan ke Arduino untuk bisa terhubung ke Wifi. Kelebihan ESP8266 adalah memiliki *DEEP SLEEP MODE*, sehingga penggunaan daya akan relatif jauh lebih efisien. ESP8266-01 memiliki 8 pin yang terdiri dari Ground, UTXD, CH_PD, GPIO2, GPIO0, RST, VCC, URXD [14].



Gambar 2.4 Modul ESP8266-01 [15]

2.7 Sensor MQ7

MQ7 merupakan sensor gas yang digunakan dalam peralatan untuk mendeteksi gas karbon monoksida (CO) dalam kehidupan sehari-hari, industri, atau mobil. Fitur dari sensor gas MQ7 ini adalah mempunyai sensitivitas yang tinggi terhadap karbon monoksida (CO), stabil dan berumur panjang. Sensor ini menggunakan catu daya heater : 5V AC/DC dan

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

menggunakan catu daya rangkaian : 5VDC, jarak pengukuran : 20 - 2000 ppm untuk mengukur gas karbon monoksida [16].



Gambar 2.5 Sensor MQ7 [17]

2.8 Sensor MQ131

Sensor gas MQ131 adalah sebuah sensor gas yang mempunyai sensitivitas tinggi terhadap gas Ozon (O₃). Tingkat sensitivitasnya tinggi dan respon yang cepat, satuan dari pengukuran sensor ini ppm. Sensor ini menggunakan catu daya heater : 5V AC/DC dan menggunakan catu daya rangkaian : 5VDC, jarak pengukuran : 20 - 2000 ppm untuk mengukur gas Ozon [18].



Gambar 2.6 Sensor MQ-131 [19]

2.9 Sensor MQ 135

Sensor gas MQ-135 adalah suatu sensor gas yang dapat mendeteksi gas-gas berbahaya seperti NO_x, NH₃, alkohol, Benzene, asap dan CO₂. Tingkat sensitivitasnya tinggi dan respon yang cepat, satuan dari pengukuran sensor ini ppm. Sensor ini bekerja dengan cara menerima perubahan nilai resistansi (analog) bila terkena gas. Sensor ini memiliki daya tahan yang baik untuk penggunaan penanda bahaya polusi karena praktis dan tidak memakan daya yang besar. Penyesuaian sensitivitas sensor ditentukan oleh nilai resistansi dari MQ-135 yang berbeda-beda untuk berbagai konsentrasi gas-gas [20].

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 2.7 Sensor MQ-135 [21]

2.10 Sensor Sharp GP2Y1010AU0F

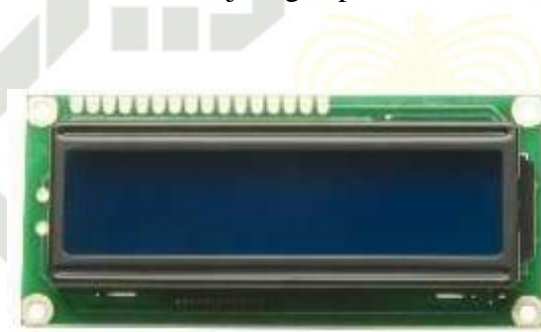
Sensor GP2Y1010AU0F ialah sensor debu yang berbasis inframerah. Sensor ini sangat efektif dalam mendeteksi partikel yang sangat halus seperti debu atau asap rokok, dan umumnya digunakan dalam sistem pembersih udara. Prinsip kerja dari sensor ini ialah dengan mendeteksi debu ataupun partikel yang lain kemudian akan di pantulkan cahaya ke bagian penerima. Spesifikasi dari GP2Y1010AU0F yaitu berbasis inframerah, output tegangan adalah analog yang artinya semakin tinggi intensitas debu semakin tinggi nilai tegangan output, suplai tegangan sebesar 5V, Suhu operasi mulai dari -10 sampai 65 derajat Celcius dan konsumsi arus sebesar 20mA max [22].



Gambar 2.8 Sensor Sharp GP2Y1010AU0F [23]

2.11 LCD 16x2

LCD (*Liquid Crystal Display*) 16x2 adalah suatu komponen yang dapat menampilkan karakter berupa huruf dan angka. LCD adalah salah satu jenis *display* elektronika yang dibuat dengan teknologi CMOS *logic* yang bekerja dengan tidak menghasilkan cahaya tetapi memantulkan cahaya yang ada di sekelilingnya terhadap front-lit atau mentransmisikan cahaya dari *back-lit*. LCD terbuat dari campuran organik antara lapisan kaca bening dengan elektroda transparan indium oksida dalam bentuk tampilan *seven-segment* dan lapisan elektroda pada kaca belakang. Ketika elektroda diaktifkan dengan medan listrik (tegangan), molekul organik yang panjang dan silindris menyesuaikan diri dengan elektroda dari segmen. Lapisan sadwich memiliki polarizer cahaya vertikal depan dan polarizer cahaya horizontal belakang yang diikuti dengan lapisan reflektor. Cahaya yang dipantulkan tidak dapat melewati molekul-molekul yang telah menyesuaikan diri dan segment yang diaktifkan terlihat menjadi gelap dan membentuk karakter data yang ingin ditampilkan [24].



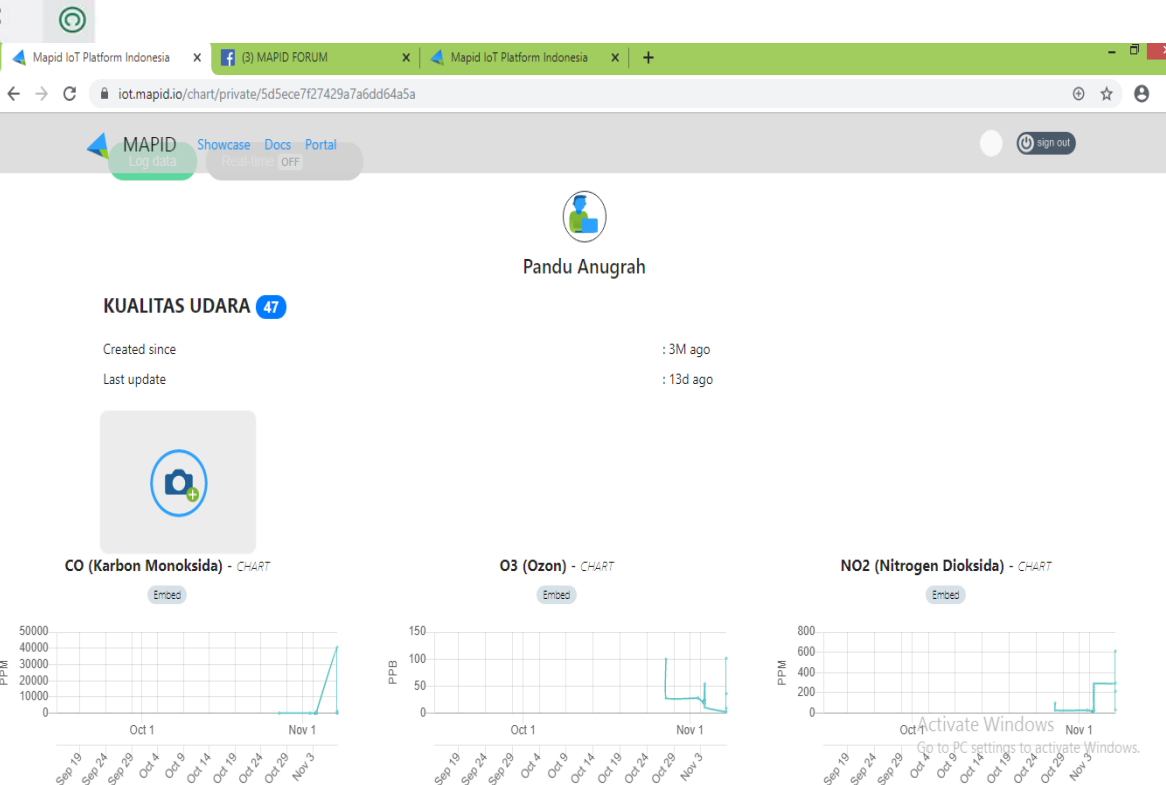
Gambar 2.9 LCD 16x2 [25]

2.12 Website MAPID

MAPID adalah platform IoT yang mempunyai layanan mengembangkan alat sistem informasi geografis untuk mengumpulkan, mengelola, memvisualisasikan, dan menganalisis data geospasial. Website MAPID diposisikan sebagai platform pemetaan dan penginderaan terintegrasi untuk semua orang yang tidak memerlukan tenaga ahli dalam SIG atau insinyur ruang. Alamat lengkap website MAPID adalah <https://iot.mapid.io/>.

Hasil penelitian ini dapat diakses pada link berikut:

<https://iot.mapid.io/chart/public/5d5ece7f27429a7a6dd64a5a>



Gambar 2.10 Tampilan website MAPID

2.13 Sumber Listrik

2.13.1 Power Supply 9V untuk Arduino dan 5V untuk sensor

Power supply atau PSU merupakan suatu komponen komputer yang mempunyai fungsi sebagai pemberi suatu tegangan serta arus listrik kepada komponen-komponen komputer lainnya yang telah terpasang dengan baik pada motherboard atau papan induk, sedang tujuan awal dari penyaluran arus listrik ini adalah agar perangkat atau komponen-komponen komputer lainnya bisa berfungsi sebagaimana mestinya sesuai dengan tugasnya. Arus listrik yang disalurkan oleh *power supply* ini merupakan arus listrik dengan jenis AC atau arus bolak balik, namun dengan kelebihanannya PSU ini dapat mengubah arus AC tersebut menjadi arus DC atau merupakan arus yang searah karena pada dasarnya semua komponen yang terdapat pada perangkat komputer hanya bisa melakukan pergerakan pada satu aliran listrik. Pada penelitian *power supply* mengambil arus listrik dari PLN sebagai sumber listrik utama

2.13.2 Panel Surya

Panel surya adalah perangkat yang mengkonversi radiasi sinar matahari menjadi energi listrik. Panel surya terbuat dari bahan semikonduktor, dalam satu panel surya terdapat

dua lapisan semikonduktor yaitu lapisan semikonduktor positif dan negatif. Prinsip kerja panel surya adalah menangkap sinar matahari yang berupa energi foton matahari. Saat energi foton matahari diserap oleh lapisan negatif dari panel surya telah cukup, elektron akan dibebaskan dari lapisan negatif menuju lapisan positif sehingga timbul energi listrik. Panel surya yang digunakan pada penelitian ini adalah Panel surya tipe SP-20-P36. Nilai daya maksimal panel surya yang digunakan pada penelitian ini adalah 20 Wp, artinya panel surya tersebut mempunyai 20 watt peak (pada saat matahari terik). Peak 1 hari di asumsikan 4,5 jam hitungan aman adalah 4 jam), sehingga $20 \times 4,5 = 90$ watt hour/day itu kapasitas maksimal untuk pemakaian 1 hari. Panel surya digunakan sebagai sumber listrik cadangan apabila mati lampu.



Gambar 2.11 Panel surya tipe SP-20-P36 [26]

2.14 Solar Charge Controller

Solar Charge Controller adalah peralatan elektronik yang digunakan untuk mengatur arus searah yang diisi ke baterai dan diambil dari baterai ke beban. Solar charge controller mengatur *overcharging* (kelebihan pengisian karena baterai sudah penuh) dan kelebihan voltase dari panel surya akan mengurangi umur baterai. *Solar Charge Controller* terdiri dari 1 input (2 terminal) yang terhubung dengan output panel surya, 1 output (2 terminal) yang terhubung dengan baterai / aki dan 1 output (2 terminal) yang terhubung dengan beban (*load*). Pada penelitian ini *Solar Charge Controller* yang digunakan adalah *Solar Charge Controller* SYK-SCPWM1024T.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 2.12 Solar Charge Controller SYK-SCPWM1024T [27]

2.15 Baterai 12 Volt

Baterai adalah perangkat yang mengandung sel listrik yang dapat menyimpan energi yang dapat dikonversi menjadi daya. Baterai menghasilkan listrik melalui proses kimia. Baterai atau akkumulator adalah sebuah sel listrik dimana didalamnya berlangsung proses elektrokimia yang *reversible* (dapat berkebalikan) dengan efisiensinya yang tinggi. Yang dimaksud dengan reaksi elektrokimia reversibel adalah didalam baterai dapat berlangsung proses pengubahan kimia menjadi tenaga listrik (proses pengosongan) dan sebaliknya dari tenaga listrik menjadi tenaga kimia (proses pengisian).



Gambar 2.13 Baterai 12 Volt [28]

2.16 Teori Pengukuran

Pada dasarnya pengukuran bertujuan untuk mendapatkan informasi mengenai sifat-sifat fisik, kimia dan biologi dari suatu benda atau suatu keadaan/proses, atau untuk mengukur sesuai dengan informasi yang diinginkan. Jadi pengukuran adalah proses membandingkan suatu parameter yang tidak diketahui nilainya dengan parameter lain yang telah diketahui nilainya. Bantuan alat ukur diperlukan untuk mentransformasikan informasi pengukuran secara kualitatif dan kuantitatif untuk ditanggapi oleh indera manusia.

Kemampuan alat ukur dapat diketahui dari berbagai kriteria yang ditetapkan, diantaranya adalah:

1. Kesalahan (*error*), adalah penyimpangan hasil ukur terhadap nilai yang sebenarnya. Untuk mengetahui tingkat kesalahan dapat dilihat pada persamaan 2.1.

$$\% \text{ Kesalahan } (error) = \left\{ \left| \frac{\text{Nilai Hasil Pengukuran} - \text{Nilai Sebenarnya}}{\text{Nilai Hasil Pengukuran}} \right| \right\} \times 100 \% \quad (2.1)$$

2. Rata-rata, adalah nilai perbandingan antara jumlah nilai data dengan banyaknya data. Untuk mengetahui tingkat rata-rata dapat dilihat pada persamaan 2.2.

$$\text{Rata-rata} = \frac{\text{Jumlah data}}{\text{Banyak data}} \quad (2.2)$$

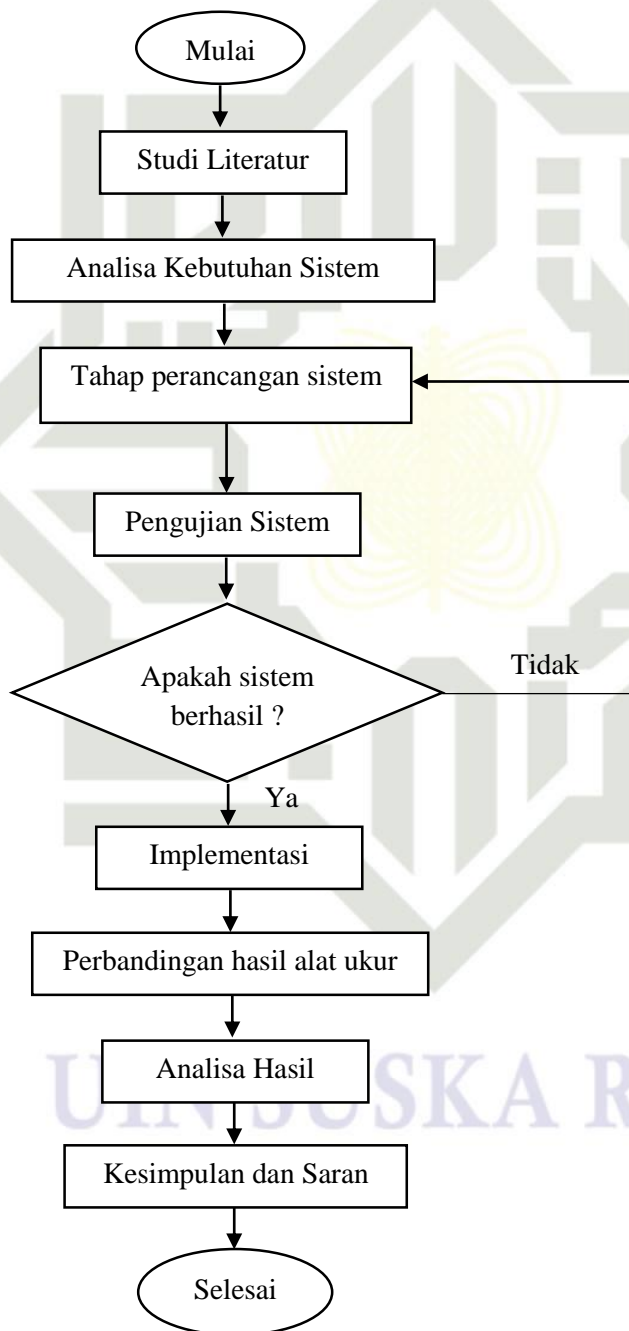
3. Akurasi, adalah kemampuan alat ukur untuk memberikan hasil ukur yang mendekati hasil sebenarnya. Untuk mengetahui tingkat akurasi dapat dilihat pada persamaan 2.3.

$$\% \text{ Akurasi} = 100\% - \% \text{ Kesalahan} \quad (2.3)$$

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1 Alur Penelitian

Dalam penelitian ini ada beberapa tahapan penelitian yang akan dilakukan mulai dari studi literatur sampai uji kelayakan sistem. Berikut ini adalah tahapan-tahapan penelitian yang akan dilakukan :



Gambar 3.1 Flowchart tahapan penelitian

Alur penelitian yang dilakukan sesuai dengan gambar 3.1, dimulai dengan studi literatur terlebih dahulu untuk mengetahui hal yang harus dilakukan untuk mencapai keberhasilan penelitian yang akan dilakukan. Studi literatur dilakukan melalui buku, jurnal dan website. Studi literatur yang dilakukan terkait topik pembahasan tentang tingkat pencemaran udara, IoT (*Internet of Things*), *database* dan *website*. Dalam hal teknis studi literatur dilakukan tentang mikrokontroller, sensor gas untuk mengukur tingkat pencemaran udara, modul wifi yang akurat, cara mengirimkan data ke database dan menampilkan data pada website dan bahasa pemrograman C. Kemudian tahapan selanjutnya yaitu tahap analisa kebutuhan komponen yang akan digunakan dalam perancangan perangkat. Setelah itu, dilanjutkan pada tahap perancangan elektronik dan perancangan program. Kemudian tahap selanjutnya adalah tahap pengujian sistem, apabila berhasil akan lanjut pada tahap implementasi namun apabila tidak berhasil akan kembali pada tahap perancangan elektronik dan perancangan program. Kemudian tahap selanjutnya yaitu implementasi, selanjutnya analisa hasil dari implementasi sistem dan terakhir membuat kesimpulan dan saran yang bertujuan untuk mengetahui tercapainya tujuan penelitian.

3.2 Analisa Kebutuhan Sistem

Analisa kebutuhan sistem merupakan tahapan menentukan kebutuhan komponen yang akan digunakan pada penelitian ini untuk mendapatkan hasil yang optimal. Adapun data-data yang dibutuhkan dalam membuat sistem adalah sebagai berikut :

1. Sensor yang dapat mengukur gas Karbon Monoksida (CO)
Untuk mengetahui kadar gas CO, sistem ini akan menggunakan sensor MQ7 dikarenakan sensor MQ7 adalah sensor yang mempunyai tingkat sensitivitas yang tinggi terhadap gas CO dengan jarak deteksi 20-2000 ppm, stabil, usia pakai yang lama dan harga yang terjangkau.
2. Sensor yang dapat mengukur gas Ozon (O₃)
Untuk mengetahui kadar gas O₃, sistem ini akan menggunakan sensor MQ131 dikarenakan sensor MQ131 adalah sensor yang mempunyai tingkat sensitivitas yang tinggi terhadap gas O₃ dengan jarak deteksi 10-1000 ppm, stabil dan usia pakai yang lama.
3. Sensor yang dapat mengukur gas Nitrogen Dioksida (NO₂)
Untuk mengetahui kadar gas NO₂, sistem ini akan menggunakan sensor MQ135 dikarenakan sensor MQ135 adalah sensor yang mempunyai tingkat sensitivitas

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

yang tinggi terhadap gas NO₂ dengan jarak deteksi 10-300 ppm, stabil, usia pakai yang lama dan harga yang terjangkau.

4. Sensor yang dapat mengukur gas Partikel Debu (PM10)

Untuk mengetahui kadar gas PM10, sistem ini akan menggunakan sensor SHARP GP2Y1010AU0F dikarenakan sensor SHARP GP2Y1010AU0F adalah sensor yang mempunyai tingkat sensitivitas yang tinggi terhadap gas PM10 dengan jarak deteksi 0.5V/0.1mg/m³, stabil, usia pakai yang lama dan harga yang terjangkau.

5. Media penyimpan data

Media penyimpan data yang digunakan pada penelitian ini adalah database yang sudah ada pada website.

6. Modul WiFi yang dapat mengirim data

Modul WiFi digunakan untuk mengirimkan data dari mikrokontroller menuju database, pada sistem ini modul WiFi yang digunakan adalah ESP8266-01 dikarenakan modul ini dapat mengirim data menggunakan internet, memiliki RAM yang cukup yaitu sebesar 1 Mb dan harga yang terjangkau.

7. Media penampil data

Media penampil data yang digunakan pada penelitian ini adalah LCD 16x2 dan website MAPID dikarenakan website dapat diakses kapanpun, dimanapun dan oleh siapapun.

8. Mikrokontroller

Mikrokontroler yang digunakan disesuaikan dengan komponen-komponen yang digunakan pada sistem dimana sensor gas yang digunakan ada sebanyak 4 sensor dan 1 modul wifi. Pada sistem pengukuran tingkat pencemaran udara menggunakan Arduino Uno dikarenakan Arduino Uno memiliki pin I/O yang cukup untuk memenuhi kebutuhan pendukung sistem maka Arduino Uno dipilih sebagai pengontrol.

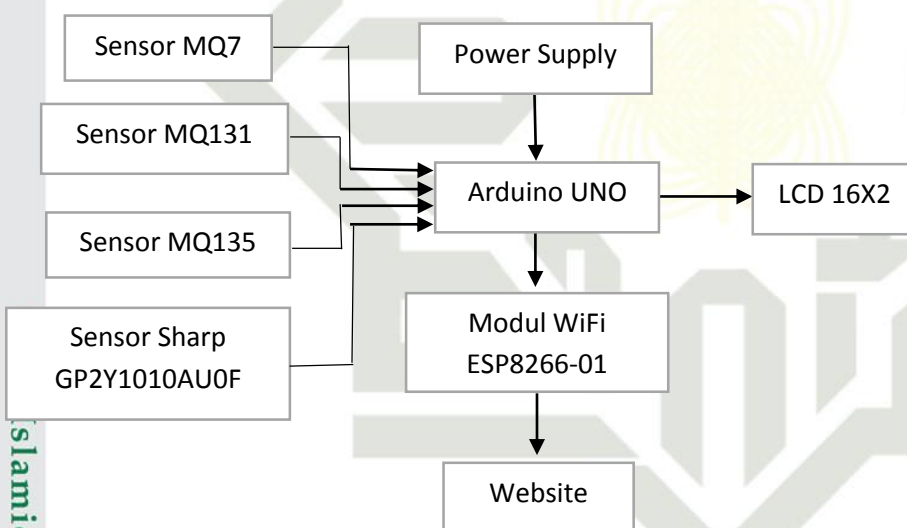
9. Power Supply

Sumber listrik pada sistem ini harus mampu memenuhi kebutuhan kelistrikan sistem secara *real time* selama 24 jam. Sumber listrik yang digunakan pada sistem ini menggunakan catu daya adaptor 9 volt untuk Arduino dan 5 volt untuk setiap sensor. Sumber listrik yang digunakan adalah dari PLN sebagai sumber listrik utama dan listrik dari panel surya sebagai sumber listrik cadangan ketika mati lampu.

3 Tahap Perancangan Sistem

Setelah melakukan analisa kebutuhan sistem, maka perlu perancangan susunan komponen-komponen berdasarkan dengan fitur-fitur yang dibutuhkan sistem agar perangkat dapat digunakan sesuai dengan fungsi yang diinginkan. Langkah awal sebelum melakukan perancangan sistem adalah membuat blok diagram rangkaian sistem, yang dapat dilihat pada Gambar 3.2. Blok diagram rangkaian sistem merupakan gambaran dasar sebelum melakukan perancangan perangkat. Perancangan sistem terdiri dari perancangan *hardware* dan *software*. Perancangan *hardware* dilakukan dengan membuat konfigurasi pin *input output* komponen *hardware* terlebih dahulu kemudian dilanjutkan dengan membuat model perangkat stasiun pengukur dan pemantau tingkat pencemaran udara. Sedangkan perancangan *software* dilakukan dalam tiga bagian yang berbeda. Perancangan *software* untuk mikrokontroler, database dan aplikasi pemantau pada website.

3.3.1 Perancangan Blok Diagram Sistem



Gambar 3.2 Blok diagram rangkaian sistem keseluruhan

Blok diagram rangkaian sistem merupakan gambaran proses kerja sistem secara keseluruhan, diagram rangkaian terbagi menjadi tiga bagian utama. Blok *input* merupakan sebagai pemberi sinyal masukan yang berasal dari sensor MQ7, sensor MQ131, sensor MQ135 dan sensor Sharp GP2Y1010AU0F. Arduino UNO dan modul WiFi ESP8266-01 sebagai blok proses. Blok *output* terdiri dari LCD 16x2 dan tampilan pada website. Adapun fungsi dari setiap bagian blok rangkaian diagram sebagai berikut:

Sensor MQ7

Sensor gas MQ7 berfungsi untuk mengukur besaran konsentrasi gas CO. Gas CO yang terdeteksi oleh sensor MQ7 dikonversi menjadi tegangan listrik yang berupa sinyal analog yang kemudian akan diterjemahkan oleh mikrokontroller menjadi nilai terukur agar dapat dilihat kadar CO yang terukur.

Sensor MQ131

Sensor gas MQ131 berfungsi untuk mengukur besaran konsentrasi gas O₃. Gas O₃ yang terdeteksi oleh sensor MQ131 dikonversi menjadi tegangan listrik yang berupa sinyal analog yang kemudian akan diterjemahkan oleh mikrokontroller menjadi nilai terukur agar dapat dilihat kadar O₃ yang terukur.

3. Sensor MQ135

Sensor gas MQ135 berfungsi untuk mengukur besaran konsentrasi gas NO₂. Gas NO₂ yang terdeteksi oleh sensor MQ135 dikonversi menjadi tegangan listrik yang berupa sinyal analog yang kemudian akan diterjemahkan oleh mikrokontroller menjadi nilai terukur agar dapat dilihat kadar NO₂ yang terukur.

4. Sensor Sharp GP2Y1010AU0F

Sensor Sharp GP2Y1010AU0F berfungsi sebagai input pengukur kandungan partikel PM10 dan mengolahnya menjadi sinyal analog yang kemudian diterjemahkan oleh mikrokontroller sebagai salah satu variabel pencemaran udara yang dipantau.

5. Arduino UNO

Arduino UNO berfungsi sebagai pengendali proses pengukuran sensor serta keperluan pengiriman data pengukuran sensor ke database melalui modul WiFi ESP8266-01.

6. Modul WiFi ESP8266-01

Modul WiFi ESP8266-01 berfungsi untuk pengiriman data pengukuran sensor menuju website.

7. LCD 16x2

LCD 16x2 berfungsi sebagai komponen yang menampilkan hasil pengukuran dari sensor yang terpasang pada alat.

8. Website

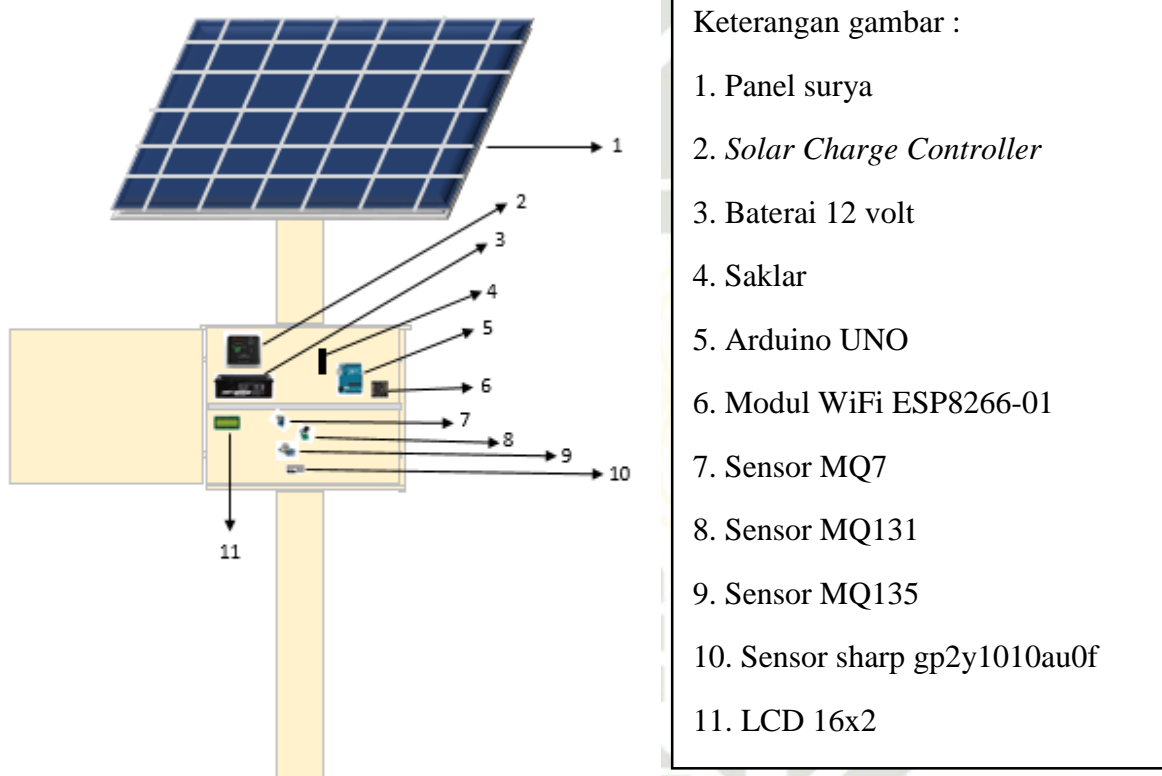
Website berfungsi sebagai media penampil data hasil pengukuran dari sensor yang bisa diakses online oleh masyarakat.

9. Power Supply (Catu daya)

Sumber listrik pada sistem ini harus mampu memenuhi kebutuhan kelistrikan sistem secara *real time* selama 24 jam. Sumber listrik yang digunakan pada sistem ini menggunakan

Satu daya adaptor 9 volt untuk Arduino dan 5 volt untuk setiap sensor. Sumber listrik yang digunakan adalah dari PLN sebagai sumber listrik utama dan listrik dari panel surya sebagai sumber listrik cadangan ketika mati lampu.

Desain *hardware* yang akan dirancang pada sistem pengukuran dan pemantauan kualitas udara ini terbuat dari bahan kayu ringan untuk dinding nya, sedangkan tiang penyangganya dari kayu balok. Bentuk desain *hardware* dapat dilihat pada gambar 3.3 sebagai berikut.



Gambar 3.3 Rancangan hardware pengukuran dan pemantauan kualitas udara

3.3.2 Perancangan Perangkat Keras (Hardware)

3.3.2.1 Perancangan Rangkaian Pembacaan Gas Karbon Monoksida (CO)

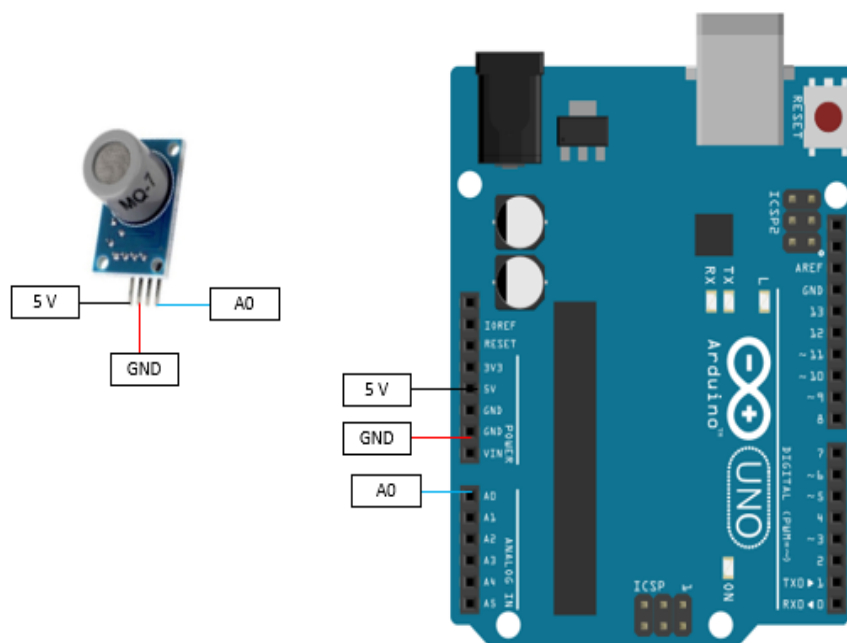
Hasil pembacaan dari sensor MQ7 akan masuk kedalam mikrokontroler. Keluaran dari sensor ini berupa keluaran analog dan juga digital, namun yang digunakan hanya keluaran analog untuk membaca kadar gas karbon monoksida di udara. Sensor MQ7 yang digunakan pada rangkaian ini memiliki 4 buah pin, tetapi hanya 3 pin saja yang digunakan. PIN Analog

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

Has Cipta Dilindungi Undang-Undang

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

Output disambungkan pada pin A0 Arduino. PIN VCC disambungkan pada PIN 5V Arduino dan PIN Ground disambungkan pada PIN Ground Arduino.



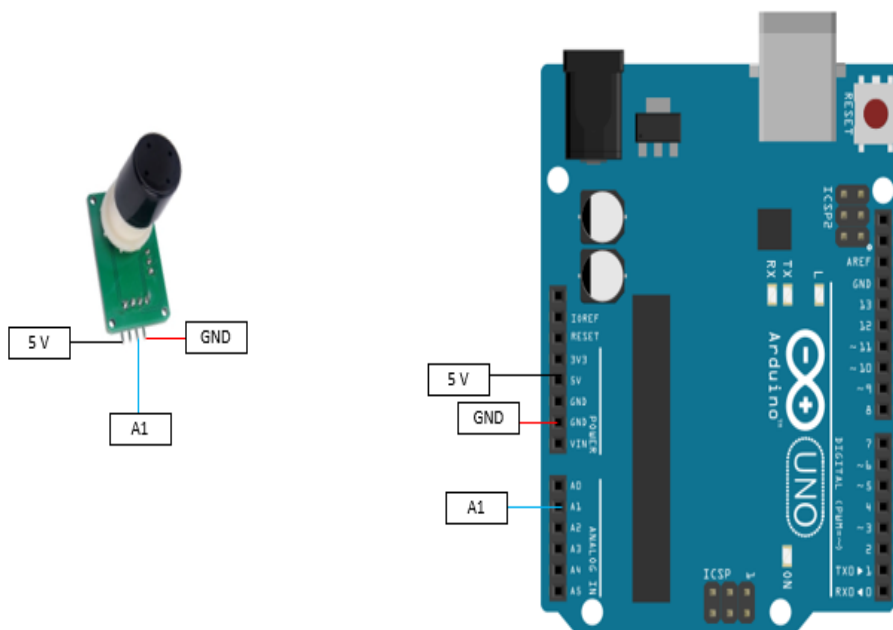
Gambar 3.4 Rangkaian pembacaan gas Karbon Monoksida (CO)

Tabel 3.1 Konfigurasi pin I/O antara Arduino UNO dan sensor MQ7

Arduino UNO	Sensor MQ7
Pin A0	Pin AO (Analog output)
Pin 5V	Pin VCC
Pin GND	Pin GND

3.3.2.2 Perancangan Rangkaian Pembacaan Gas Ozon (O₃)

Hasil pembacaan dari sensor MQ131 akan masuk kedalam mikrokontroler. Keluaran dari sensor ini berupa keluaran analog dan juga digital, namun yang digunakan hanya keluaran analog untuk membaca kadar gas ozon di udara. Sensor MQ131 yang digunakan pada rangkaian ini memiliki 4 buah pin, tetapi hanya 3 pin saja yang digunakan. PIN Analog output disambungkan pada pin A1 Arduino. PIN VCC disambungkan pada PIN 5V Arduino dan PIN Ground disambungkan pada PIN Ground Arduino.



Gambar 3.5 Rangkaian pembacaan gas Ozon (O_3)

Tabel 3.2 Konfigurasi pin I/O antara Arduino UNO dan sensor MQ131

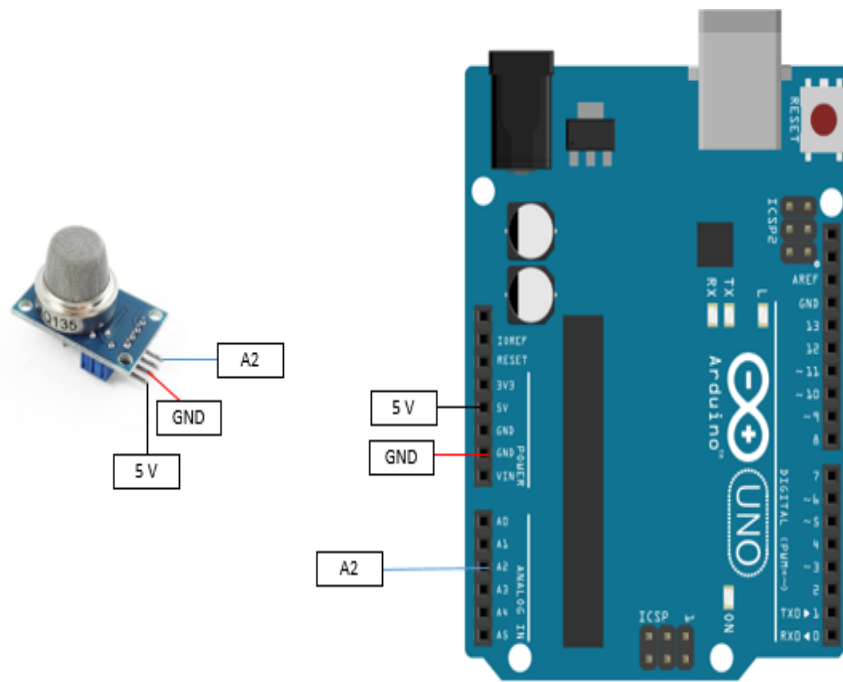
Arduino UNO	Sensor MQ131
Pin A1	Pin AO (Analog output)
Pin 5V	Pin VCC
Pin GND	Pin GND

3.3.2.3 Perancangan Rangkaian Pembacaan Gas Nitrogen Dioksida (NO_2)

Hasil pembacaan dari sensor MQ135 akan masuk kedalam mikrokontroler. Keluaran dari sensor ini berupa keluaran analog dan juga digital, namun yang digunakan hanya keluaran analog untuk membaca kadar gas nitrogen dioksida di udara. Sensor MQ135 yang digunakan pada rangkaian ini memiliki 4 buah pin, tetapi hanya 3 pin saja yang digunakan. PIN Analog output disambungkan pada pin A2 Arduino. PIN VCC disambungkan pada PIN 5V Arduino dan PIN Ground disambungkan pada PIN Ground Arduino.

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

© Hak cipta milik UIN Suska Riau



Gambar 3.6 Rangkaian pembacaan gas Nitrogen Dioksida (NO₂)

Tabel 3.3 Konfigurasi pin I/O antara Arduino UNO dan sensor MQ135

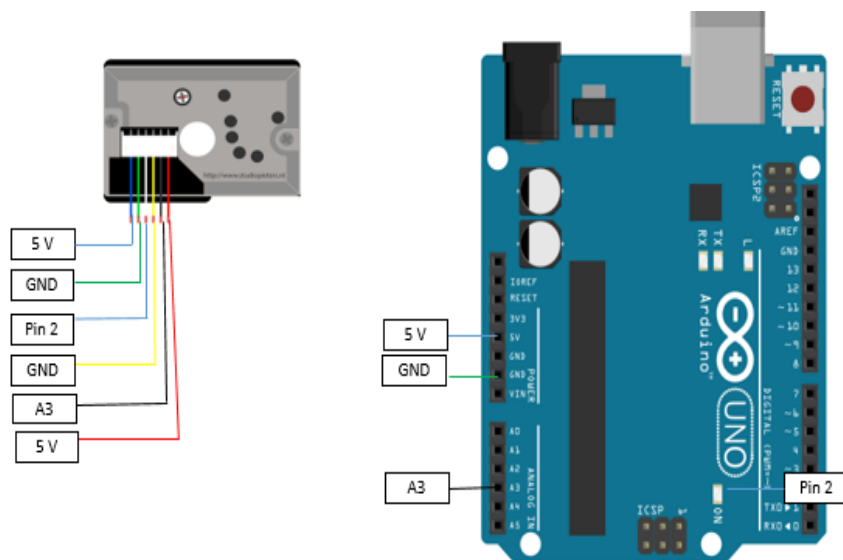
Arduino UNO	Sensor MQ135
Pin A2	Pin AO (Analog output)
Pin 5V	Pin VCC
Pin GND	Pin GND

3.3.2.4 Perancangan Rangkaian Pembacaan Gas Partikel Debu (PM10)

Hasil pembacaan dari sensor Sharp gp2y1010au0f akan masuk kedalam mikrokontroler. Keluaran dari sensor ini berupa keluaran analog dan sensor ini memiliki 6 PIN. PIN V-LED disambungkan pada PIN 5V Arduino dengan resistor 150 Ohm diantara keduanya, PIN LED-GND disambungkan pada PIN GND Arduino, PIN LED disambungkan pada PIN 2 Arduino, PIN S-GND disambungkan pada PIN GND, PIN VO disambungkan pada PIN A0 Arduino dan terakhir PIN VCC disambungkan pada PIN 5V Arduino.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 3.7 Rangkaian pembacaan PM10

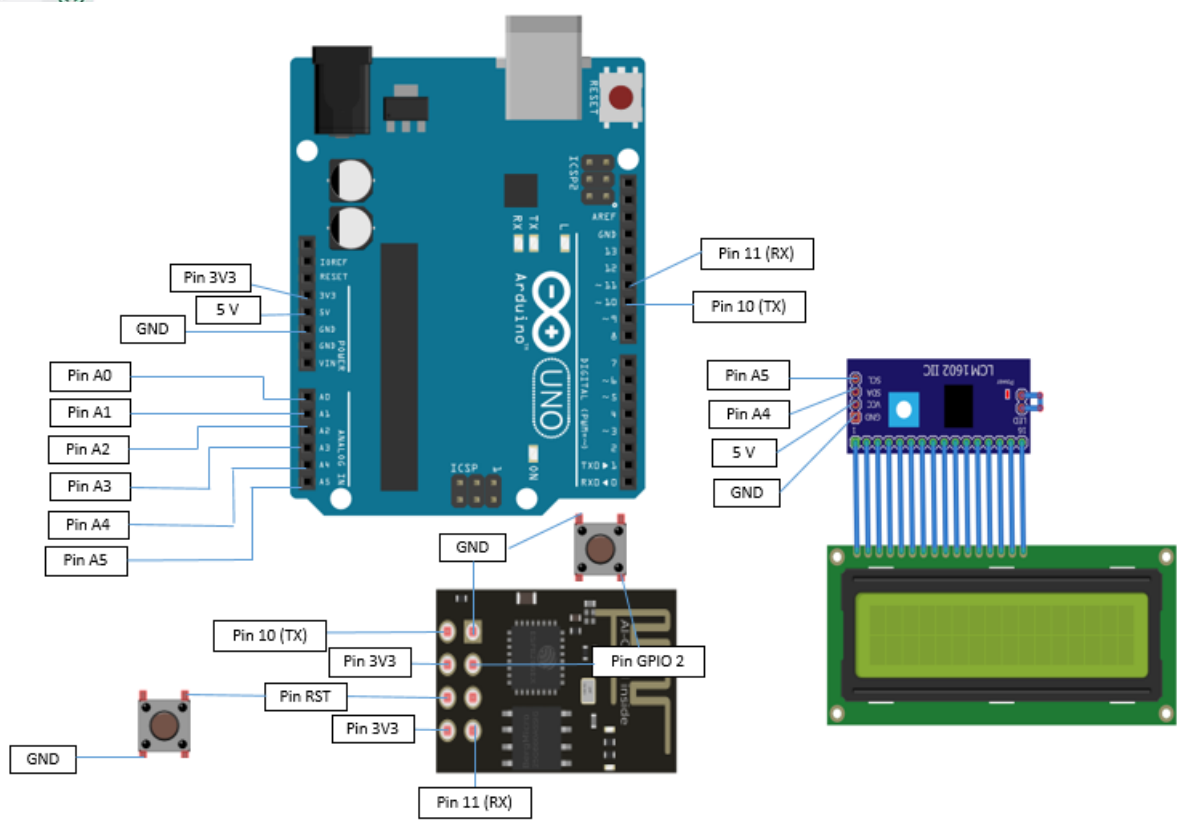
Tabel 3.4 Konfigurasi pin I/O antara Arduino UNO dan sensor Sharp gp2y1010au0f

Arduino UNO	Sensor gp2y1010au0f
Pin 5V	Pin 1 V-LED (Kabel biru dengan resistor 150 ohm ditengahnya)
Pin GND	Pin 2 LED-GND (Kabel hijau)
Pin 2	Pin 3 LED (Kabel putih)
Pin GND	Pin 4 S-GND (Kabel kuning)
Pin A3	Pin 5 VO (Kabel hitam)
Pin 5V	Pin 6 VCC (Kabel merah)

3.3.2.5 Perancangan Rangkaian Modul WiFi ESP8266-01 dan LCD 16x2

Perancangan modul WiFi yang menggunakan ESP8266-01 dengan mikrokontroller Arduino Uno bertujuan untuk mengirim dan menampilkan data hasil pengukuran sensor ke web, selain itu data hasil pengukuran sensor juga dapat dilihat pada LCD 16x2. Maka dengan menggunakan rangkaian modul WiFi, sistem dapat menampilkan nilai hasil pengukuran sensor dan juga waktu untuk memantau kadar gas-gas berbahaya yang standarnya sudah ditetapkan.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 3.8 Rangkaian Modul WiFi ESP8266-01 dan LCD 16x2 I2C

Tabel 3.5 Konfigurasi Pin I/O antara Arduino UNO, Modul WiFi ESP8266-01 dan LCD 16x2 I2C

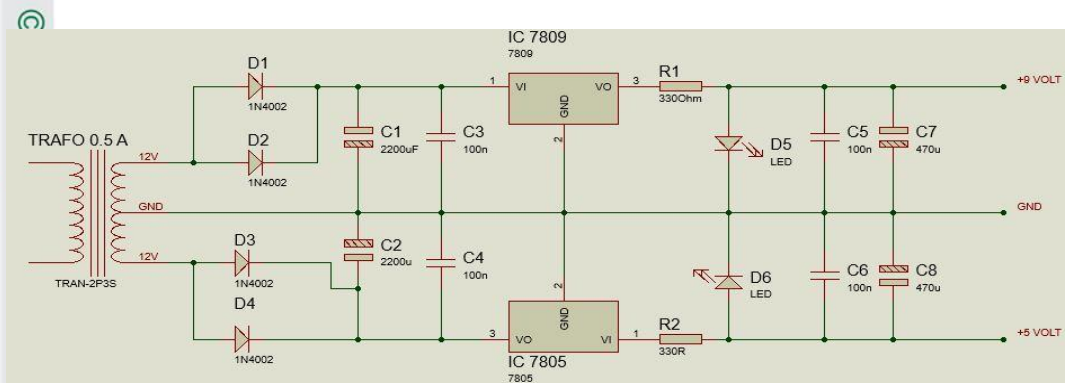
Arduino UNO	Modul WiFi ESP8266-01	LCD 16x2 I2C
Pin 0		
Pin 1		
Pin 2		
Pin 3		
Pin 4		
Pin 5		
Pin 6		
Pin 7		
Pin 8		

Pin 9		
Pin 10	Pin TX	
Pin 11	Pin RX	
Pin 12		
Pin 13		
Pin 14	Pin VCC dan EN	
Pin 15		Pin VCC
Pin GND	Pin GND	Pin GND
Pin A0		
Pin A1		
Pin A2		
Pin A3		
Pin A4		Pin SDA
Pin A5		Pin SCL
	GPIO2 ke Push Button 1	
	RST ke Push Button 2	

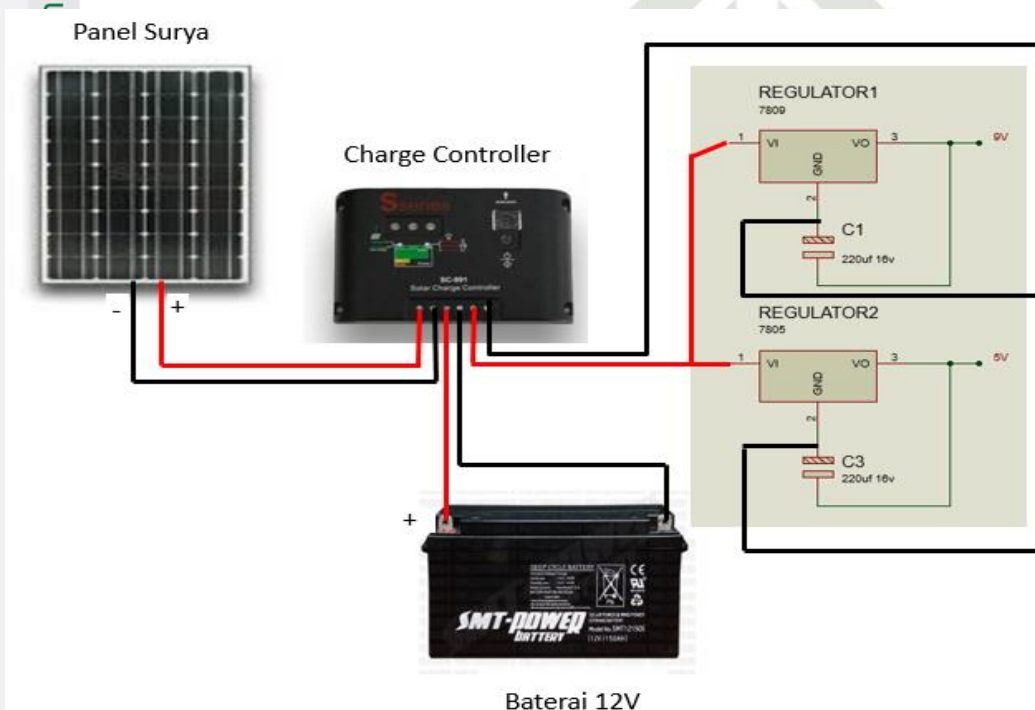
3.3.2.6 Rangkaian Adaptor 9 Volt untuk Arduino UNO, 5 volt untuk sensor dan Panel Surya 20 Wp

Catu daya yang digunakan pada penelitian ini menggunakan adaptor 9 Volt untuk Arduino UNO, 5 volt untuk sensor sebagai sumber listrik utama dan panel surya 12Wp sebagai sumber listrik cadangan sehingga mikrokontroler dapat bekerja selama 24 jam.

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



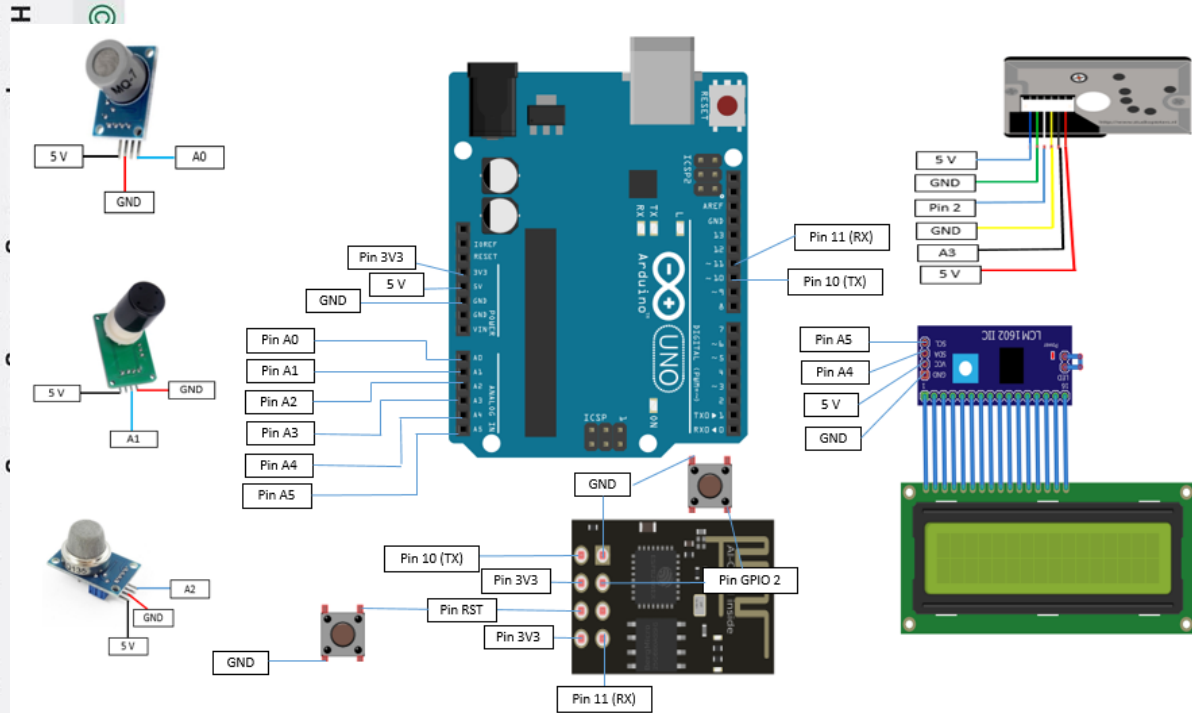
Gambar 3.9 Rangkaian Adaptor yang digunakan sebagai sumber listrik utama



Gambar 3.10 Rangkaian Panel Surya sebagai sumber listrik cadangan

3.3.2.7 Perancangan Hardware Keseluruhan

Konsep alat untuk mengukur dan memantau tingkat pencemaran udara ini bekerja berdasarkan hasil pembacaan sensor gas. Pada penelitian ini ada 4 sensor gas yang digunakan yaitu sensor MQ7 untuk mengukur gas Karbon Monoksida (CO), sensor MQ131 untuk mengukur gas Ozon (O₃), Sensor MQ135 untuk mengukur gas Nitrogen Dioksida (NO₂) dan Sensor Sharp gp2y1010au0f untuk mengukur partikel debu (PM10). Empat sensor gas tersebut memberikan data pada Arduino sebagai mikrokontroler, kemudian data tersebut akan ditampilkan pada LCD 16x2 dan juga pada website menggunakan modul WiFi ESP8266-01.



Gambar 3.11 Rangkaian *hardware* secara keseluruhan

Tabel 3.6 Konfigurasi Pin I/O rangkaian *hardware* secara keseluruhan

Arduino UNO	Modul WiFi ESP8266-01	LCD 16x2 I2C	Sensor MQ7	Sensor MQ131	Sensor MQ135	Sensor Sharp gp2y010au0f
Pin 0						
Pin 1						
Pin 2						Pin LED
Pin 3						
Pin 4						
Pin 5						
Pin 6						
Pin 7						
Pin 8						
Pin 9						
Pin 10						
Pin 11						

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Pin 10	Pin TX					
Pin 11	Pin RX					
Pin 12						
Pin 13						
Pin 3V3	Pin VCC dan EN					
Pin 5V		Pin VCC	Pin VCC	Pin VCC	Pin VCC	Pin V-LED dan Pin VCC
Pin GND	Pin GND	Pin GND	Pin GND	Pin GND	Pin GND	Pin LED-GND dan GND
Pin A0			Pin AO			
Pin A1				Pin AO		
Pin A2					Pin AO	
Pin A3						Pin VO
Pin A4		Pin SDA				
Pin A5		Pin SCL				
	GPIO2 ke Push Button 1					
	RST ke Push Button 2					

3.3.3 Perancangan Perangkat Lunak (Software)

Perancangan *software* bertujuan untuk membuat sistem dari alat dapat bekerja dengan baik sesuai perancangan. Tahap awal perancangan *software* adalah merancang diagram alir dari program yang akan dibuat. Pada penelitian ini digunakan perangkat lunak Arduino IDE versi

8.5 Pemrograman pada Arduino UNO

Pemrograman untuk membuat sistem pengukuran dan pemantauan tingkat pencemaran udara.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

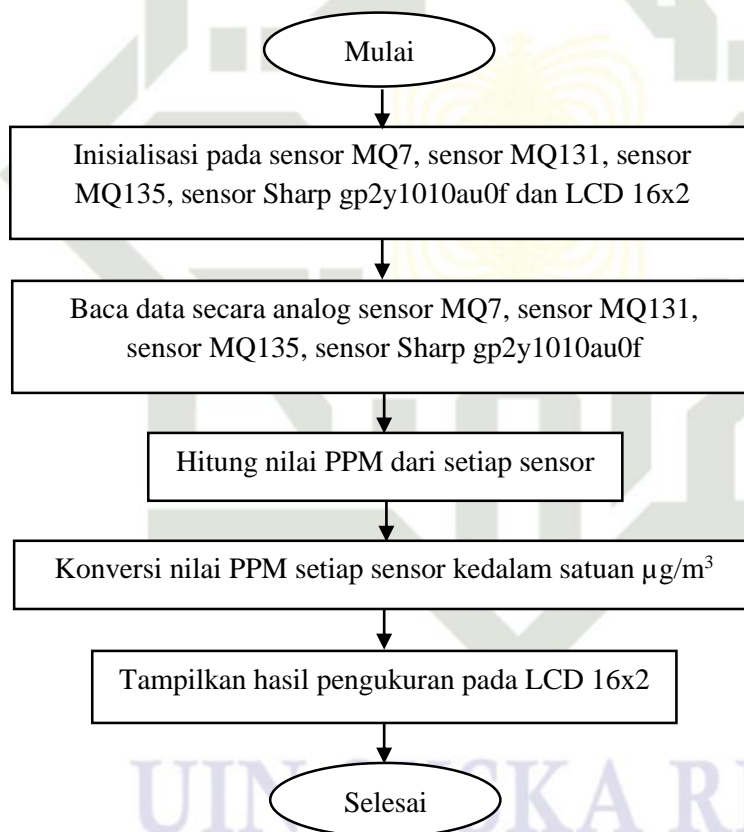
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

8.5 Pemrograman pada Arduino UNO

8.5.1 Pemrograman pada Arduino UNO

Pemrograman sensor-sensor gas yaitu pada sensor MQ7 untuk mengukur kadar gas Karbon Monoksida (CO), pemrograman pada sensor MQ131 untuk mengukur kadar gas Ozon (O_3), pemrograman pada sensor MQ135 untuk mengukur kadar gas Nitrogen Dioksida (NO_2) dan pemrograman pada sensor Sharp gp2y1010au0f untuk mengukur kadar gas Partikel Debu (PM10). Tujuan pemrograman ini untuk mengetahui seberapa besar kadar gas-gas berbahaya tersebut di udara setelah sensor melakukan pengukuran dan memberikan informasi kepada Arduino UNO, kemudian menampilkan data pada LCD 16x2. Proses kerja program sensor-sensor gas pada Arduino UNO sesuai *flowchart* pada gambar 3.11.



Gambar 3.12 *Flowchart* pemrograman pada sensor-sensor gas

Proses kerja pada pemrograman pada sensor-sensor gas dimulai dengan inisialisasi pada sensor MQ7, sensor MQ131, sensor MQ135, sensor Sharp gp2y1010au0f dan LCD 16x2. Setelah itu sensor MQ7, sensor MQ131, sensor MQ135 dan sensor Sharp gp2y1010au0f akan

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

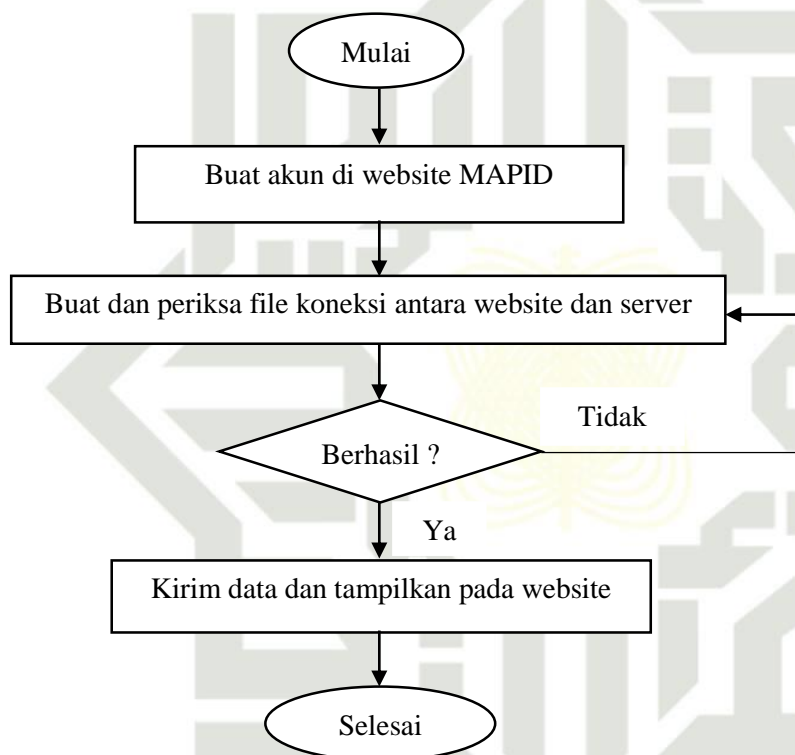
© Hak Cipta dilindungi UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

membaca data secara analog. Kemudian data analog yang sudah terbaca akan dihitung nilai PPM dari setiap sensor. Setelah nilai PPM dari setiap sensor didapatkan, maka tahap selanjutnya adalah mengkonversi menjadi satuan $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dan menampilkan data pada LCD 16x2.

3.3.3.2 Pemrograman untuk menampilkan data pada website

Pemrograman untuk menampilkan data pada website dilakukan untuk memudahkan pengguna melihat hasil pengukuran tingkat pencemaran udara dengan tampilan berupa tabel dan grafik. Proses kerja program untuk menampilkan data pada website sesuai *flowchart* pada gambar 3.13.



Gambar 3.13 *Flowchart* untuk menampilkan data pada website

Proses kerja pemrograman untuk menampilkan data pada website dimulai dengan Buat halaman untuk melihat tabel, grafik dan riwayat pengukuran. Setelah itu proses selanjutnya adalah membuat file koneksi antara website dan server, apabila koneksinya berhasil maka data yang ada pada database akan ditampilkan pada website dan apabila tidak berhasil maka file koneksi tersebut harus diperiksa kembali sampai berhasil.

4 Implementasi Alat

Implementasi sistem ini memiliki beberapa tahapan, adapun tahap-tahap tersebut adalah sebagai berikut :

1. Menghidupkan alat ukur kualitas udara.
2. Menyediakan koneksi jaringan *wifi*.
3. Melakukan perhitungan kadar gas CO, O₃, NO₂ dan PM10
4. Menyimpan dan menampilkan data hasil pengukuran pada *website*.

3.5 Pengujian Sistem

Pada tahapan ini dilakukan pengujian sistem yang telah dibuat untuk mengetahui sejauh mana keberhasilan sistem pengukuran dan pemantauan tingkat pencemaran udara berbasis IoT sebelum diimplementasikan dalam membaca input, memproses dan mengeluarkan perintah.

3.5.1 Pengujian Perangkat Keras (Hardware)

Pengujian *hardware* dilakukan untuk mengetahui apakah pembuatan alat yang telah dilakukan sesuai dengan keinginan serta fungsi dari alat itu sendiri. Pengujian alat terdiri dari beberapa pengujian terhadap rangkaian yang telah dibuat. Pengujian dimulai dari rangkaian *power supply*, panel surya dan rangkaian mikrokontroler. Setiap rangkaian diuji berdasarkan nilai keluaran dari tegangan yang dibutuhkan dan membandingkan apakah sesuai dengan tegangan keluaran yang semestinya atau tidak, jika tidak sesuai maka kemungkinan akan mengganggu kinerja alat.

3.5.2 Pengujian Perangkat Lunak (Software)

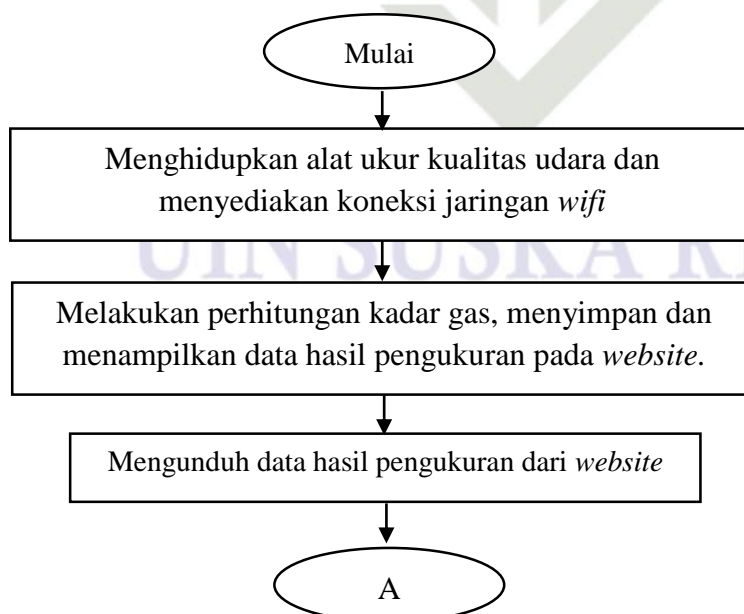
Pengujian perangkat lunak dilakukan pada software Arduino IDE. Pengujian perangkat lunak *software* Arduino IDE dilakukan dengan menguji keseluruhan program yang telah dibuat menggunakan bahasa C pada mikrokontroller Arduino dan pada esp8266-01. Hal ini dilakukan untuk mengetahui apakah program yang telah dibuat mengalami *error* atau tidak saat dikompilasi. Pengujian perangkat lunak juga dilakukan pada *website* untuk mengetahui kemampuan dari *website*.

7 Uji kemampuan *website*

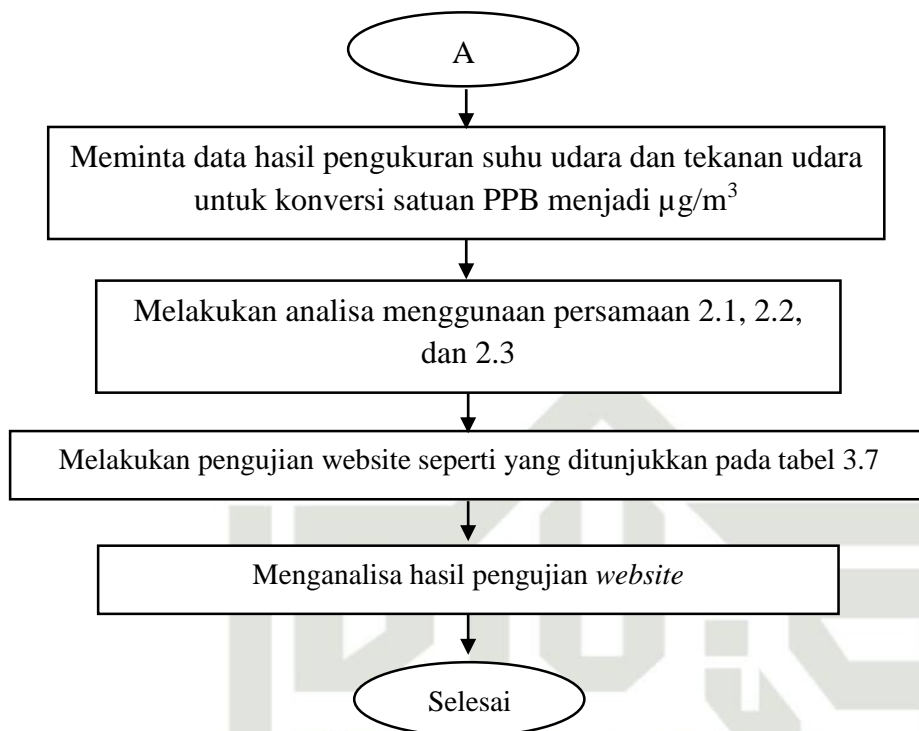
Nomor	Fitur <i>Website</i>	Keterangan Akses	
		Ya	Tidak
	Tampilan <i>website</i> mudah dipahami		
	Hasil pengukuran bisa diakses 24 jam		
	Memiliki fitur <i>download</i> untuk pribadi penulis		
	Memiliki fitur <i>download</i> untuk masyarakat		
	Kecepatan dan kemudahan akses		
6	Website dapat mengirim data setiap 30 menit		

3.5.3 Pengujian Keseluruhan Sistem

Pengujian ini dilakukan untuk membuktikan bahwa sub-sub sistem yang telah teruji sebelumnya dapat dirangkai menjadi satu sistem yang utuh dan dapat beroperasi sesuai dengan perencanaan. Pengujian keseluruhan sistem dilakukan untuk mengetahui apakah dapat mengukur dan memantau tingkat pencemaran udara serta memberikan akses kepada masyarakat untuk melihat hasil pengukuran dan pemantauan tingkat pencemaran udara selama 24 jam. Skenario pengujian keseluruhan sistem dapat dilihat pada gambar 3.14



1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 3.14 *Flowchart* skenario pengujian keseluruhan sistem

3.6 Analisa Hasil

Pada tahapan ini penulis akan melakukan analisis dari hasil pengujian alat dan implementasi alat ukur tingkat pencemaran udara. Adapun variabel yang dianalisis adalah :

1. Pembacaan kadar gas Karbon Monoksida (CO) pada sensor MQ7.
2. Pembacaan kadar gas Ozon (O₃) pada sensor MQ131.
3. Pembacaan kadar gas Nitrogen Dioksida (NO₂) pada sensor MQ135.
4. Pembacaan kadar gas Partikel Debu (PM10) pada sensor Sharp gp2y1010au0f.
5. Jumlah data yang ditampilkan pada website.
6. Waktu pengiriman data menuju database menggunakan modul WiFi ESP8266-01.
7. Melakukan perhitungan *error* absolut, persen *error* absolut, nilai rata-rata dan akurasi alat.

UIN SUSKA RIAU

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian sistem pengukuran dan pemantauan tingkat pencemaran udara berbasis *Internet of Things* (IoT) yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Sistem pengukuran dan pemantauan tingkat pencemaran udara berbasis *Internet of Things* (IoT) mampu memberikan informasi adanya indikasi pencemaran udara melalui *website* dengan tampilan berupa grafik. Dari hasil pengujian dan perbandingan alat penulis dengan alat milik P3E Sumatera – KLHK dan menghasilkan persen (%) error rata-rata untuk gas O_3 adalah 3,22 % dan akurasi sebesar 96,78 %. Persen (%) error rata-rata untuk PM10 adalah 27,85 % dan akurasi sebesar 72,15 %.
2. Masyarakat dapat mengakses halaman *website* selama 24 jam dengan selang waktu pengiriman setiap 30 menit tanpa terhalang oleh jarak dan waktu.

5.2 Saran

Berikut adalah beberapa saran yang dapat dipertimbangkan untuk melakukan penelitian lebih lanjut atau pengembangan dengan permasalahan dan objek penelitian yang sama :

1. Untuk pengembangan penelitian selanjutnya, sebaiknya ditambahkan satu sensor untuk mengukur suhu udara dan satu sensor untuk mengukur tekanan udara sehingga alat bisa langsung menghitung dan mengkonversi nilai menjadi $\mu g/m^3$.
2. Untuk pengembangan *website*, sebaiknya ditambahkan fitur *public download* agar masyarakat dapat melihat riwayat pengukuran.

DAFTAR PUSTAKA

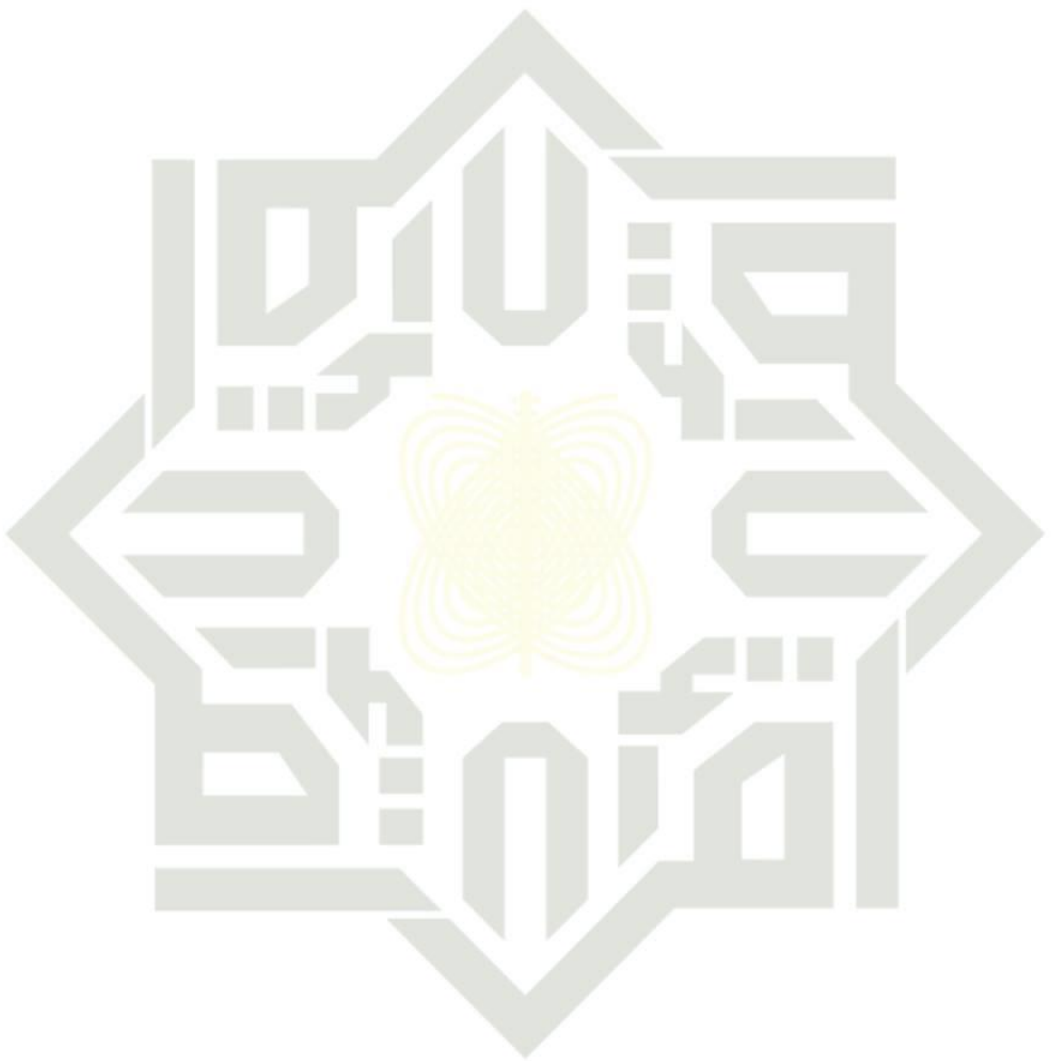
- [1] Wardhana, Wisnu A. 2004. *Dampak Pencemaran Lingkungan* (Halaman 27). Yogyakarta : Penerbit Andi Offset.
- [2] Lampiran Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 45 Tahun 1997 tanggal 13 Oktober 1997 (Halaman terakhir).
- [3] Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 45 Tahun 1997 Tentang : Indeks Standar Pencemar Udara Pasal 5 Ayat 1.
- [4] Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 45 Tahun 1997 Tentang : Indeks Standar Pencemar Udara Pasal 5 Ayat 2.
- [5] M.Sadeli Amli, Brian Yuliarto dan Nugraha. 2015. Jurnal : *Disain dan Pembuatan Sistem Pengukuran Kualitas Udara Menggunakan Mikrokontroller*. Bandung : Institut Teknologi Bandung.
- [6] Suhendrik.2018. Skripsi : *Rancang Bangun Sistem Peringatan Dini Kebakaran Hutan Menggunakan Wireless Sensor Network (WSN) Berbasis Arduino*. Pekanbaru : UIN Suska Riau.
- [7] Yulfiani Fikri, Sumardi dan Budi Setiyono. 2013. Jurnal : *Sistem Monitoring Kualitas Udara Berbasis Mikrokontroller ATMEGA 8535 Dengan Komunikasi Protokol TCP/IP*. Semarang : Universitas Diponegoro.
- [8] I Putu Gede Budisanjaya, I Wayan Tika, Sumiyati. 2016. Jurnal : *Pemantau Suhu dan Kadar Air Kompos Berbasis Internet Of Things (Iot) dengan Arduino Mega dan Esp8266*. Bali : Universitas Udayana.
- [9] Cornelius Steven Sanjaya, I Wayan Mustika dan Iswandi. 2016. Skripsi : *Perancangan Komponen Penunjang Sistem Pengendalian dan Pemantauan Temperatur dan Kelembapan Udara Pada Gudang Penyimpanan Berbasis IOT*. Yogyakarta : Universitas Gajah Mada.
- [10] James Manyika, Michael Chui, Peter Bisson, Jonathan Woetzel, Richard Dobbs, Jacques Bughin dan Dan Aharon. 2015. *The Internet of Things : Mapping the Value Beyond the Hype*. McKinsey Global Institute.
- [11] Gambar IoT diakses pada 4 September 2018, Pukul 14.38 WIB.
<https://mobnasesemka.com/internet-of-things/>
- [12] Teori Arduino UNO diakses pada 29 November 2018, Pukul 19.30 WIB
<https://store.arduino.cc/usa/arduino-uno-rev3>

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
- [3] Gambar Arduino UNO diakses pada 4 September 2018, Pukul 14.42 WIB
<https://store.arduino.cc/arduino-uno-rev3>
 - [4] Datasheet ESP8266-01 diakses pada 28 Agustus 2018, Pukul 17.18 WIB
<https://ecksteinimg.de/Datasheet/Ai-thinker%20ESP-01%20EN.pdf>
 - [15] Gambar ESP8266-01 diakses pada 4 September 2018, Pukul 14.45 WIB.
http://auseparts.com.au/index.php?route=product/product&product_id=332
 - [6] Datasheet MQ7 diakses pada 27 Agustus 2018, Pukul 9.14 WIB.
<https://www.datasheetpdf.com/datasheet/search.php?sWord=mq7+gas+sensor>
 - [17] Gambar sensor MQ7 diakses pada 4 September 2018, Pukul 14.50 WIB.
<https://makerselectronics.com/product/mq-7-carbon-monoxide-sensor-module>
 - [18] Datasheet MQ131 diakses pada 27 Agustus 2018, Pukul 9.15 WIB.
<https://www.datasheetpdf.com/datasheet/search.php?sWord=mq131+gas+sensor>
 - [19] Gambar sensor MQ131 diakses pada 4 September 2018, Pukul 16.33 WIB.
<https://www.pinterest.com/pin/786018941186732588/>
 - [20] Datasheet MQ135 diakses pada 27 Agustus 2018, Pukul 9.16 WIB.
<https://www.datasheetpdf.com/datasheet/search.php?sWord=mq135+gas+sensor>
 - [21] Gambar sensor MQ-135 diakses pada 4 September 2018, Pukul 16.41 WIB.
<https://potentiallabs.com/cart/air-quality-control-gas-sensor-mq135>
 - [22] Datasheet sensor gp2y1010au0f diakses pada 27 Agustus 2018, Pukul 9.25 WIB.
<https://www.datasheetpdf.com/datasheet/search.php?sWord=gp2y1010au0f>
 - [23] Gambar sensor gp2y1010au0f diakses pada 4 September 2018, Pukul 16.44 WIB.
<https://www.tokopedia.com/tokoarduino/sensor-debu-dust-sensor-gp2y1010au0f>
 - [24] Anonim. <http://elektronika-dasar.web.id/lcd-liquid-cristal-display>. Diakses pada 4 September 2018, Pukul 17.15 WIB.
 - [25] Gambar LCD 16x2 diakses pada 4 September 2018, Pukul 17.30 WIB.
<http://electrotec.cms.webhub.la/elements/images/imagearticle/c969ceab281396a02812f619c41ab75>
 - [26] Gambar Panel surya tipe SP-20-P36 diakses 22 September 2018, Pukul 10.15 WIB.
<http://solarpanelseries.com/sp-20/#prettyPhoto>
 - [27] Gambar solar charge controller diakses 22 September 2018, Pukul 11.33 WIB.
<http://mosttor.ru/solar-charge-controller-12v-24v-10a-panel-surya-charger-lcd-12v24v-10a-3.html>

Gambar Baterai/Aki kering 12 Volt diakses pada 23 September 2018, Pukul 13.14 WIB. <https://www.jualo.com/alat-listrik/iklan-baterai-yuasa-npl-100-12-untuk-sistem-telekomunikasi-solar-panel>

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



UIN SUSKA RIAU

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

LAMPIRAN

UIN SUSKA RIAU

LAMPIRAN A : KODE PROGRAM PADA ARDUINO UNO

```
#include <SoftwareSerial.h> //Library esp8266
#include <LiquidCrystal_I2C.h> //Library LCD I2C

int pinSensorMQ7 = A0, pinSensorMQ131 = A1, pinSensorMQ135 = A2,
pinSensorSharp = A3;
float Bmq7 = 2.07, Mmq7 = -0.69, Hambatanmq7, bacamq7, VRLmq7, Rsmq7, ROmq7 =
6.89, ppm_logmq7, PPMmq7; // ROmq7 = 6.89 Kohm
float Bmq131 = -0.49, Mmq131 = 0.47, Hambatanmq131, bacamq131, VRLmq131,
ROmq131 = 5.00, ppm_logmq131, PPMmq131; // ROmq131 = 5 Kohm
float Bmq135 = 1.42, Mmq135 = -0.63, Hambatanmq135, bacamq135, VRLmq135,
Rsmq135, ROmq135 = 6.00, ppm_logmq135, PPMmq135; // ROmq135 = 6 Kohm
int ledPower = 2, samplingTime = 280, sleepTime = 100;
float bacaPM10, Vout, voltDensity, nilaiPM10;

unsigned long waktuDelay = 0, waktuKirim = 0; //penggunaan millis
String varpembantu, nilai="", pesanEsp = "";

LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2); // VCC=5V, GND=GND, SDA= A4, SCL=A5
SoftwareSerial esp8266(10,11); // RX=10, TX=11 ; RX ke 11, TX ke 10
Arduino (Dibalik)

void setup()
{
    Serial.begin(9600);
    esp8266.begin(9600);
    pinMode(ledPower,OUTPUT);
    lcd.begin();
    lcd.setCursor(3,0);
    lcd.print("TUGAS AKHIR");
    delay(3000);
    lcd.setCursor(2,1);
    lcd.print("PANDU ANUGRAH");
    delay(3000);
}

void loop()
{
    while(esp8266.available() > 0)
    {
        char c = esp8266.read();
        delay(20);
        pesanEsp += c;
        delay(20);
    }

    unsigned long t1 = millis()/1000;
    if (t1-waktuDelay > 3){

        hitungCO();
        hitungO3();
        hitungNO2();
        hitungPM10();
        tampilkanLCD();
    }
}
```

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

```
waktuDelay = t1;

unsigned long t2 = millis()/1000; //millis dijadikan detik
if (3 - waktuKirim > 300) //perbandingan 5 mnt = 300 detik

    nilai = String(PPMmq7);
    nilai += "~";
    nilai += String(PPBmq131);
    nilai += "^";
    nilai += String(PPMmq135);
    nilai += "*";
    nilai += String(nilaiPM10);
    nilai += "/";
    nilai += String(varpembantu);

    esp8266.println(nilai);
    Serial.println("-----");

    Serial.println(pesanEsp);
    Serial.println(nilai);

    waktuKirim = t2;
}

void hitungCO()
{
    bacamq7 = analogRead(A0);
    VRLmq7 = bacamq7*5.00/1023;
    Rsmq7 = ((5.00 - VRLmq7)/VRLmq7)*10; // dari rumus ((Vc - VRL)/VRL)*RL
    dimana Vc=5V, RL=10 KOhm
    Hambatanmq7 = Rsmq7/ROmq7;
    ppm_logmq7 = (log10(Hambatanmq7)-Bmq7)/Mmq7;
    PPMmq7 = pow (10, ppm_logmq7);
}

void hitungO3()
{
    bacamq131 = analogRead(A1);
    VRLmq131 = bacamq131*5.00/1023;
    Rsmq131 = ((5.00 - VRLmq131)/VRLmq131)*10; // dari rumus Rs = (Vc/VRL-
1)*RL , RL=10 KOhm
    Hambatanmq131 = Rsmq131/ROmq131;
    ppm_logmq131 = (log10(Hambatanmq131)-Bmq131)/Mmq131;
    PPBmq131 = (pow (10, ppm_logmq131))/10000;
}

void hitungNO2()
{
    bacamq135 = analogRead(A2);
    VRLmq135 = bacamq135*5.00/1023;
    Rsmq135 = (5.00/VRLmq135-1)*10; // dari rumus Rs = (Vc/VRL-1)*RL , RL=10
KOhm
    Hambatanmq135 = Rsmq135/ROmq135;
    ppm_logmq135 = (log10(Hambatanmq135)-Bmq135)/Mmq135;
}
```


Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

```
PPMmq135 = (pow (10, ppm_logmq135))*200;

void hitungPM10()
{
    digitalWrite(ledPower, LOW);
    delayMicroseconds(samplingTime);
    bacaPM10 = analogRead(A3);
    digitalWrite(ledPower, HIGH);
    delayMicroseconds(sleepTime);
    Vout = bacaPM10*5.00/1024;
    voltDensity = Vout - 0.6;
    nilaiPM10 = (voltDensity*0.17)*(-1)*180;    // kali 1000 adalah konversi
    dari mg ke ug
}

void tampilkanLCD()
{
    // lcd.clear();                //Alat CO P3E-KLHK Error
    // lcd.setCursor(0,0);
    // lcd.print("CO:");
    // lcd.print(PPMmq7);
    // lcd.println(" PPB ");

    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print("O3:");
    lcd.print(PPBmq131);
    lcd.println(" PPB ");

    // lcd.clear();                //Alat NO2 P3E-KLHK Error
    // lcd.setCursor(0,0);
    // lcd.print("NO2:");
    // lcd.print(PPMmq135);
    // lcd.println(" PPB ");

    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print("PM10:");
    lcd.print(nilaiPM10);
    lcd.println(" ug/m3 ");
}
```

LAMPIRAN B : KODE PROGRAM PADA ESP8266-01

```
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <WiFiClientSecure.h>

// Define STASSID
#define STASSID "EKOREGION 2 BID.2" //Nama WiFi P3E Sumatera - KLHK
// Define STAPSK
#define STAPSK "ekoregion1" //Password WiFi P3E Sumatera - KLHK

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  Serial.println();
  Serial.print("connecting to ");
  Serial.println(ssid);
  WiFi.mode(WIFI_STA);
  WiFi.begin(ssid, password);
  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    delay(500);
    Serial.print(".");
  }
  Serial.println("");
  Serial.println("WiFi connected");
  Serial.println("IP address: ");
  Serial.println(WiFi.localIP());
}

void loop() {
  while (Serial.available() > 0) {
    char c = Serial.read();
    delay(20);
    pesanArd += c;
    delay(20);
  }

  PPMmq7 = pesanArd.substring(0, pesanArd.indexOf("~"));
  PPBmq131 = pesanArd.substring(pesanArd.indexOf("~")+1,
  pesanArd.indexOf("^"));
  PPMmq135 = pesanArd.substring(pesanArd.indexOf("^")+1,
  pesanArd.indexOf("*"));
}
```

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

```

String nilaiPM10 = pesanArd.substring(pesanArd.indexOf("*")+1,
    pesanArd.indexOf("/"));

while(pesanArd.length() > 2){
    Serial.print("connecting to ");
    Serial.println(host);

    Serial.printf("Using fingerprint '%s'\n", fingerprint);
    client.setFingerprint(fingerprint);

    if (!client.connect(host, httpsPort)) {
        Serial.println("connection failed");
        return;
    }

    String url = "/api/update?key=84ed9504d04ba4d4b8b1bddf8082bc49&var1=" +
        String(PPMmq7) +
        "&var2=" + String(PPBmq131) + "&var3=" + String(PPMmq135) + "&var4=" +
        String(nilaiPM10);
    Serial.print("requesting URL: ");
    Serial.println(url);

    client.print(String("GET ") + url + " HTTP/1.1\r\n" +
        "Host: " + host + "\r\n" +
        "User-Agent: BuildFailureDetectorESP8266\r\n" +
        "Connection: close\r\n\r\n");

    Serial.println("Permintaan pengiriman ke website...");
    delay(100);
    pesanArd.remove(0);
}

while (client.connected()) {
    String line = client.readStringUntil('\n');
    if (line == "\r") {
        Serial.println("Data Diterima website");
        break;
    }
}
}

```


LAMPIRAN C : DATA SUHU UDARA DAN TEKANAN UDARA DARI BMKG RIAU

	Tanggal dan Waktu	Suhu Udara (Celcius)	Tekanan Udara (milibar)	Suhu Udara (Kelvin)	Tekanan Udara (Pascal)
1	11/12/2019 10:00 WIB	25.93	1007.6	298.93	100760
2	11/12/2019 10:30 WIB	25.93	1007.5	298.93	100750
3	11/12/2019 11:00 WIB	25.93	1007.08	298.93	100708
4	11/12/2019 11:30 WIB	25.92	1006.73	298.92	100673
5	11/12/2019 12:00 WIB	25.88	1006.26	298.88	100626
6	11/12/2019 12:30 WIB	25.83	1005.44	298.83	100544
7	11/12/2019 13:00 WIB	25.81	1004.96	298.81	100496
8	11/12/2019 13:30 WIB	25.77	1004.89	298.77	100489
9	11/12/2019 14:00 WIB	25.66	1004.61	298.66	100461
10	11/12/2019 14:30 WIB	25.57	1003.95	298.57	100395
11	11/12/2019 15:00 WIB	25.49	1003.76	298.49	100376
12	11/12/2019 15:30 WIB	25.5	1003.8	298.5	100380
13	11/12/2019 16:00 WIB	25.52	1003.7	298.52	100370
14	11/12/2019 16:30 WIB	25.54	1003.77	298.54	100377
15	11/12/2019 17:00 WIB	25.56	1004	298.56	100400
16	11/12/2019 17:30 WIB	25.58	1004.54	298.58	100454
17	11/12/2019 18:00 WIB	25.59	1005.05	298.59	100505
18	11/12/2019 18:30 WIB	25.59	1005.32	298.59	100532
19	11/12/2019 19:00 WIB	25.59	1005.74	298.59	100574
20	11/12/2019 19:30 WIB	25.58	1006.16	298.58	100616
21	11/12/2019 20:00 WIB	25.58	1006.6	298.58	100660
22	11/12/2019 20:30 WIB	25.56	1007.25	298.56	100725

Hak Cipta Ditanggung UIN Suska Riau

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

11/12/2019 21:00 WIB	25.55	1007.32	298.55	100732
11/12/2019 21:30 WIB	25.54	1007.36	298.54	100736
11/12/2019 22:00 WIB	25.52	1007.41	298.52	100741
11/12/2019 22:30 WIB	25.51	1007.59	298.51	100759
11/12/2019 23:00 WIB	25.49	1007.58	298.49	100758
11/12/2019 23:30 WIB	25.47	1007.63	298.47	100763
12/12/2019 00:00 WIB	25.46	1007.56	298.46	100756
12/12/2019 00:30 WIB	25.44	1007.22	298.44	100722
12/12/2019 01:00 WIB	25.42	1006.88	298.42	100688
12/12/2019 01:30 WIB	25.41	1006.64	298.41	100664
12/12/2019 02:00 WIB	25.4	1006.34	298.4	100634
12/12/2019 02:30 WIB	25.39	1006	298.39	100600
12/12/2019 03:00 WIB	25.38	1005.7	298.38	100570
12/12/2019 03:30 WIB	25.38	1005.49	298.38	100549
12/12/2019 04:00 WIB	25.38	1005.39	298.38	100539
12/12/2019 04:30 WIB	25.39	1005.19	298.39	100519
12/12/2019 05:00 WIB	25.4	1005.46	298.4	100546
12/12/2019 05:30 WIB	25.4	1005.71	298.4	100571
12/12/2019 06:00 WIB	25.41	1006.08	298.41	100608
12/12/2019 06:30 WIB	25.41	1006.34	298.41	100634
12/12/2019 07:00 WIB	25.41	1006.75	298.41	100675
12/12/2019 07:30 WIB	25.42	1007.16	298.42	100716
12/12/2019 08:00 WIB	25.44	1007.49	298.44	100749
12/12/2019 08:30 WIB	25.47	1007.85	298.47	100785
12/12/2019 09:00 WIB	25.49	1007.97	298.49	100797
12/12/2019 09:30 WIB	25.51	1007.97	298.51	100797

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

12/12/2019 10:00 WIB	25.52	1007.71	298.52	100771
12/12/2019 10:30 WIB	25.47	1007.85	298.47	100785
12/12/2019 11:00 WIB	25.49	1007.97	298.49	100797
12/12/2019 11:30 WIB	25.51	1007.97	298.51	100797
12/12/2019 12:00 WIB	25.52	1007.71	298.52	100771

Catatan

- Data yang didapat dari BMKG Riau adalah suhu udara (celcius) dan tekanan udara (milibar) sehingga suhu udara (celcius) harus dikonversi menjadi suhu udara (kelvin) dan tekanan udara (milibar) harus dikonversi menjadi tekanan udara (pascal).
- Data yang digunakan untuk konversi satuan PPB menjadi $\mu\text{g}/\text{m}^3$ adalah suhu udara (kelvin) dan tekanan udara (pascal).
- Suhu udara (Kelvin) = Suhu udara (celcius) + 273
- Tekanan udara (Pascal) = Tekanan Udara (milibar) x 100

LAMPIRAN 2. KONVERSI HASIL PENGUKURAN OZON (O₃) PPB MENJADI µg/m³

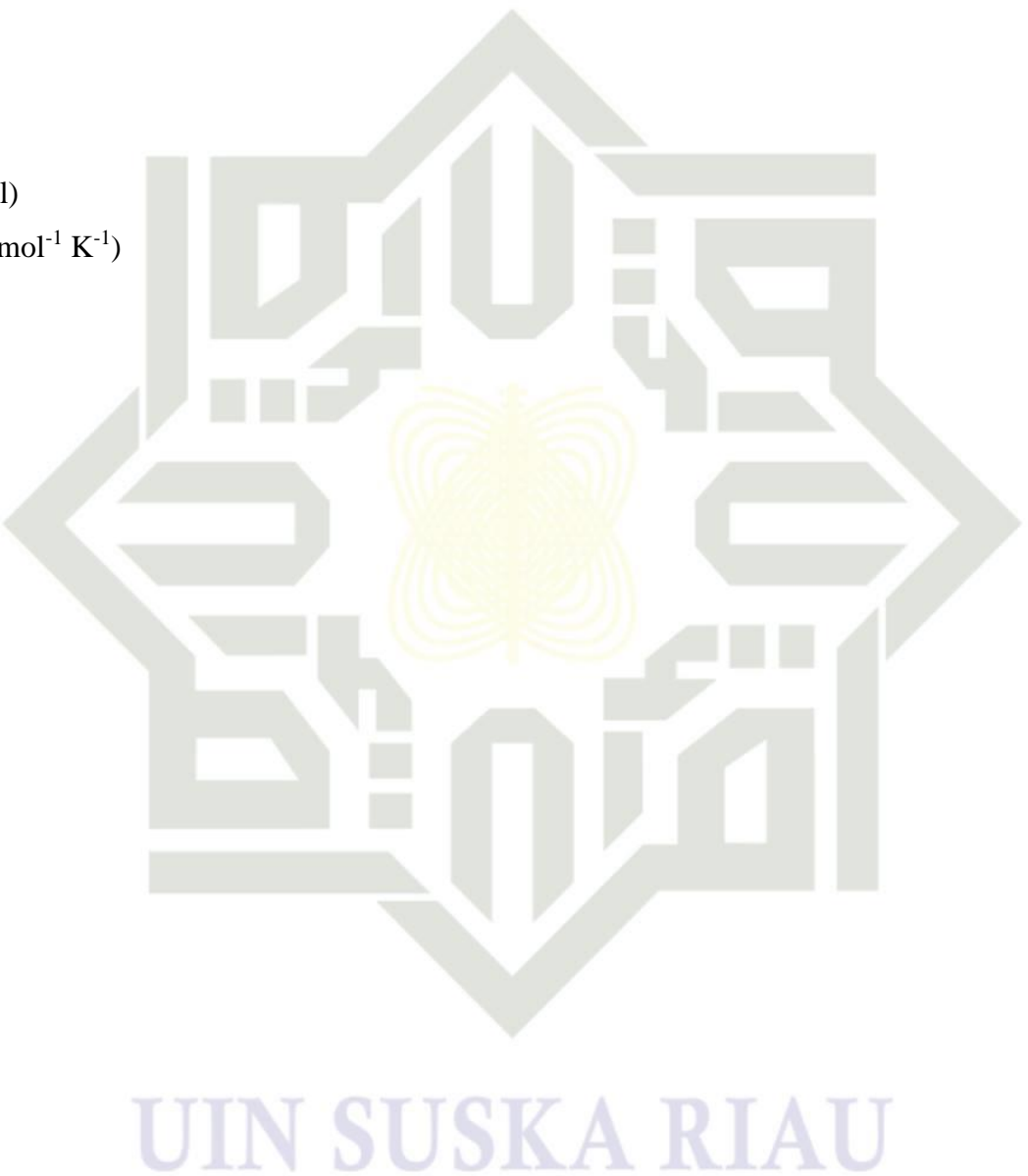
No	Tanggal dan Waktu	Suhu Udara (C)	Tekanan Udara (mb)	Suhu Udara (K)	Tekanan Udara (P)	Mr O ₃ (mol/gram)	Konstanta R	PPB O ₃	O ₃ (µg/m ³)
1	11/11/2019 10:00 WIB	25.93	1007.6	298.93	100760	48	8,314	89,19	173,56
2	11/11/2019 10:30 WIB	25.93	1007.5	298.93	100750	48	8,314	92, 53	180,04
3	11/11/2019 11:00 WIB	25.93	1007.08	298.93	100708	48	8,314	111,83	217,51
4	11/11/2019 11:30 WIB	25.92	1006.73	298.92	100673	48	8,314	95,89	186,45
5	11/11/2019 12:00 WIB	25.88	1006.26	298.88	100626	48	8,314	93,78	182,28
6	11/11/2019 12:30 WIB	25.83	1005.44	298.83	100544	48	8,314	89,19	173,25
7	11/11/2019 13:00 WIB	25.81	1004.96	298.81	100496	48	8,314	89,19	173,18
8	11/11/2019 13:30 WIB	25.77	1004.89	298.77	100489	48	8,314	143,98	279,58
9	11/11/2019 14:00 WIB	25.66	1004.61	298.66	100461	48	8,314	60,26	117,02
10	11/11/2019 14:30 WIB	25.57	1003.95	298.57	100395	48	8,314	60,26	116,98
11	11/11/2019 15:00 WIB	25.49	1003.76	298.49	100376	48	8,314	89,19	173,15
12	11/11/2019 15:30 WIB	25.5	1003.8	298.5	100380	48	8,314	50,71	98,45
13	11/12/2019 16:00 WIB	25.52	1003.7	298.52	100370	48	8,314	50,71	98,43
14	11/12/2019 16:30 WIB	25.54	1003.77	298.54	100377	48	8,314	89,19	173,13
15	11/12/2019 17:00 WIB	25.56	1004	298.56	100400	48	8,314	89,19	173,16

- a. i. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penyusunan karya ilmiah, penyusunan laporan, dan pengumpulan bahan untuk keperluan lain yang tidak merugikan hak-hak moral dan materi dari pemilik hak cipta.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

1	11/11/2019 17:30 WIB	25.58	1004.54	298.58	100454	48	8,314	72,66	141,13
17	11/11/2019 18:00 WIB	25.59	1005.05	298.59	100505	48	8,314	50,71	98,54
18	11/11/2019 18:30 WIB	25.59	1005.32	298.59	100532	48	8,314	50,71	98,57
19	11/11/2019 19:00 WIB	25.59	1005.74	298.59	100574	48	8,314	89,19	173,44
20	11/11/2019 19:30 WIB	25.58	1006.16	298.58	100616	48	8,314	50,71	98,65
21	11/11/2019 20:00 WIB	25.58	1006.6	298.58	100660	48	8,314	60,26	117,28
22	11/11/2019 20:30 WIB	25.56	1007.25	298.56	100725	48	8,314	60,26	117,37
23	11/11/2019 21:00 WIB	25.55	1007.32	298.55	100732	48	8,314	50,71	98,78
24	11/11/2019 21:30 WIB	25.54	1007.36	298.54	100736	48	8,314	50,71	98,78
25	11/11/2019 22:00 WIB	25.52	1007.41	298.52	100741	48	8,314	50,71	98,80
26	11/11/2019 22:30 WIB	25.51	1007.59	298.51	100759	48	8,314	50,71	98,82
27	11/11/2019 23:00 WIB	25.49	1007.58	298.49	100758	48	8,314	50,71	98,82
28	11/11/2019 23:30 WIB	25.47	1007.63	298.47	100763	48	8,314	60,26	117,45
29	11/11/2019 00:00 WIB	25.46	1007.56	298.46	100756	48	8,314	50,71	98,83
30	11/11/2019 00:30 WIB	25.44	1007.22	298.44	100722	48	8,314	89,19	173,78
31	11/11/2019 01:00 WIB	25.42	1006.88	298.42	100688	48	8,314	72,66	141,53
32	11/12/2019 01:30 WIB	25.41	1006.64	298.41	100664	48	8,314	50,71	98,76
33	11/12/2019 02:00 WIB	25.4	1006.34	298.4	100634	48	8,314	50,71	98,73
34	11/12/2019 02:30 WIB	25.39	1006	298.39	100600	48	8,314	72,66	141,42

- a. i. Mengutip hanya untuk kepentingan penulisan, penelitian, penyusunan karya ilmiah, penyusunan laporan, dan sebagainya.
- b. Mengutip tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

3	11/11/2019 03:00 WIB	25.38	1005.7	298.38	100570	48	8,314	50,71	98,67
3	11/11/2019 03:30 WIB	25.38	1005.49	298.38	100549	48	8,314	89,19	173,52
3	11/11/2019 04:00 WIB	25.38	1005.39	298.38	100539	48	8,314	60,26	117,22
3	11/11/2019 04:30 WIB	25.39	1005.19	298.39	100519	48	8,314	89,19	173,46
3	11/11/2019 05:00 WIB	25.4	1005.46	298.4	100546	48	8,314	89,19	173,50
4	11/11/2019 05:30 WIB	25.4	1005.71	298.4	100571	48	8,314	50,71	98,67
4	11/11/2019 06:00 WIB	25.41	1006.08	298.41	100608	48	8,314	50,71	98,70
4	11/11/2019 06:30 WIB	25.41	1006.34	298.41	100634	48	8,314	72,66	141,46
4	11/11/2019 07:00 WIB	25.41	1006.75	298.41	100675	48	8,314	89,17	173,68
4	11/11/2019 07:30 WIB	25.42	1007.16	298.42	100716	48	8,314	50,56	98,51
4	11/11/2019 08:00 WIB	25.44	1007.49	298.44	100749	48	8,314	72,66	141,61
4	11/11/2019 08:30 WIB	25.47	1007.85	298.47	100785	48	8,314	50,71	98,85
4	11/11/2019 09:00 WIB	25.49	1007.97	298.49	100797	48	8,314	50,71	98,86
4	11/11/2019 09:30 WIB	25.51	1007.97	298.51	100797	48	8,314	60,26	117,47
4	11/11/2019 10:00 WIB	25.52	1007.71	298.52	100771	48	8,314	72,66	141,60
5	11/11/2019 10:30 WIB	25.47	1007.85	298.47	100785	48	8,314	50,71	98,85
5	11/12/2019 11:00 WIB	25.49	1007.97	298.49	100797	48	8,314	50,71	98,86
5	11/12/2019 11:30 WIB	25.51	1007.97	298.51	100797	48	8,314	60,26	117,47
5	11/12/2019 12:00 WIB	25.52	1007.71	298.52	100771	48	8,314	72,66	141,60

**Dilindungi Undang-Undang**

yang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan tidak menimbulkan kepenginganan yang wajar UIN Suska Riau.

yang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

$$\mu\text{g}/\text{m}^3 = \frac{m \times 10^{-6}}{V \times 10^{-3}} = \frac{m}{V} \times 10^{-3}$$

dengan

p

Mr

R

T

ppb

tekanan udara (Pascal)

massa molekul relatif (gram/mol)

konstanta gas ideal ($8.314 \text{ N m mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$)

Temperatur udara (Kelvin)

part per billion

LAMPIRAN E : WAWANCARA DI BMKG RIAU

Wawancara ini dilakukan pada tanggal 5 Desember 2019 bersama seorang teknisi yang bernama bapak Wahyu Anjarjati. Berikut ini adalah teks wawancara yang telah dilakukan :

Pandu :

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh. Saya Pandu Anugrah, hari ini telah selesai melakukan penelitian di BMKG Riau pada tanggal 5 Desember 2019, namun penelitian disini tidak bisa diselesaikan karena ada gangguan teknis yaitu alat ukur PM10 terkena petir dan alat ukur CO terjadi error. Nah, di belakang saya sudah terlihat alat yang sudah saya pasang (Pandu dan pak Wahyu sama-sama melihat ke alat) dan di samping saya sudah ada pak Wahyu Anjarjati sebagai teknisi BMKG Riau. Nah, disini rencananya saya ingin meminta pendapat beliau tentang alat yang sudah saya buat dan website yang sudah ada. Saya ingin bertanya kepada bapak wahyu tentang komentarnya mengenai alat yang sudah saya buat. Silahkan pak.

Pak Wahyu :

Oke, alat ini sebenarnya menggunakan *low cost* sensor yang artinya menggunakan sensor-sensor yang sederhana, yang pasti karena eee..... merupakan kepedulian dari anak muda untuk mau meneliti tentang kualitas udara. Jadi kita dari BMKG ingin memberikan apresiasi yang setinggi-tingginya tentu tentang hasil terkait dengan sensornya sendiri. Yang pasti ini udah bagus sekali, tinggal karena tidak bisa dibandingkan dengan alat BMKG karena sedang mengalami kerusakan. Terus mungkin ke depannya dapat dikembangkan dengan sistem-sistem yang lebih maju dan lebih bermanfaat. Itu aja dari kami.

Pandu :

Baiklah, terima kasih kepada bapak Wahyu sudah memberi komentar tentang alat (Pandu dan pak Wahyu berjalan masuk ke ruangan teknisi BMKG Riau). Berikutnya kita akan meminta komentar tentang website yang sudah dibangun. Silahkan pak.

Pak Wahyu :

Untuk website yang sudah dibangun (Pandu dan pak Wahyu melihat ke layar komputer dengan website yang sudah terbuka dengan tampilan grafik). Mungkin ini kelebihan sistem yang sudah berbasis IOT, jadi semua bisa diakses, bisa diambil (datanya), semua bisa ditampilkan secara gampang secara akurat melalui media

internet. Mudah-mudahan ini bisa dikembangkan dan alatnya benar-benar bisa diaplikasikan di wilayah Riau mengingat seringkali terjadi bencana akibat penurunan kualitas udara. Saya pikir kemudahan ini yang harus dipertahankan dalam memperoleh data dan mengakses datanya itu. Terima kasih, itu dari saya.

Datanya juga bisa kita lihat setelah didownload berupa file .csv yang dibuka pada Microsot Excel (Pandu dan pak Wahyu melihat ke layar komputer dengan tampilan Microsot Excel yang berisi data pengukuran kualitas udara yang sudah didownload). Inilah tampilan data yang sudah didownload. Baik, mungkin itu saja setelah kita meminta komentar dari pak Wahyu sebagai teknisi dari BMKG. Saya sangat berterima kasih atas eee.... Telah diterima penelitian disini dan sudah banyak dibantu oleh pak Wahyu, teknisi lain dan staf lainnya. Baik, itu saja. Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Wawancara tersebut sudah divideokan dan dapat diakses pada :

Link : <https://drive.google.com/file/d/1-ONvXVyFh-A8-pVTKLE7a321qTOBt5Sg/view>

Ukuran Video : 772 MB

Durasi Video : 12 Menit

Kualitas Video : 1080p

Catatan Video wawancara di BMKG Riau digabung dengan video wawancara di Pusat Pengendalian Pembangunan Ekoregion Sumatera, Kementrian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (P3E Sumatera, KLHK)

Cara download video :

1. Buka link yang sudah disebutkan di atas.
2. Klik ikon download pada pojok kanan atas, lalu setelah tampil peringatan dari google karena file terlalu besar klik tetap download (jika ingin terus mendownload).
3. Tunggu sampai video selesai didownload.

Hak Cipta Ditangguhkan UIN Suska Riau

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

LAMPIRAN F : WAWANCARA DAN PENELITIAN DI P3E SUMATERA – KLHK

Penelitian di Pusat Pengendalian Pembangunan Ekoregion Sumatera – Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (P3E Sumatera – KLHK) dilakukan mulai tanggal 11 Desember 2019 jam 10.00 WIB sampai dengan tanggal 12 Desember 2019 jam 12.00 WIB. Wawancara dilakukan setelah penelitian selesai pada tanggal 12 Desember 2019 bersama seorang staf yang bernama ibu Vina Gita Utari, S.Si dengan meminta komentarnya tentang alat dan website yang sudah dibuat. Berikut ini adalah teks wawancara yang telah dilakukan :

Pandu :

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh. Hari ini tanggal 12 Desember 2019 telah dilakukan pengujian pada alat yang sudah dibangun. Penelitian ini dimulai pada tanggal 11 Desember 2019 pukul 10.00 WIB sampai dengan tanggal 12 Desember 2019 jam 10.00 WIB. Jadi penelitian ini diuji selama 24 jam menggunakan sumber listrik PLN. Lalu berikutnya pengujian akan dilakukan pada jam 10.00 – 12.00 WIB tanggal 12 Desember 2019 yaitu 2 jam menggunakan panel surya. Nah, sekarang disini bersama saya ada ibu Vina Gita Utari, S.Si sebagai staf dari P3E Sumatera – KLHK. Nah, disini saya akan meminta pendapat ibu tentang alat yang sudah saya buat. Silahkan bu.

Ibu Vina :

Jadi alat ini meriksanya parameter ada NO₂, CO, O₃ dan PM₁₀. Yang saya lihat dari alat ini, mungkin nanti perkembangan selanjutnya bisa lebih ditinggikan aja. Kalau displaynya mungkin udah oke, udah bisa terus sama di website juga ya. Panel surya nanti kita uji masih berjalan apa enggak. Kalau dari segi pembacaan sih kayaknya stabil kalau pakai wifi ya. Nah, kurangnya aja nanti masukan dari saya itu agar alatnya lebih ditinggikan sekitar 1,5 sampai 2 meter supaya lebih mengakomodir udara ambien atau udara sekitar. Itu aja.

Pandu :

Baiklah, selanjutnya kita akan melihat alat dari P3E Sumatera - KLHK dan kita akan dibimbing oleh ibu Vina.

Ibu Vina :

Ini nama alatnya AQMS (Air Quality Monitoring System). Kita langsung masuk ke dalamnya aja. (Pandu dan ibu Vina memasuki ruang alat yang bergabung dengan sebuah mobil). Ini untuk pengukuran PM₁₀ (sambil menunjuk alat). Jadi ini untuk partikulat PM₁₀ disini, nanti displaynya akan tampil disini (sambil menunjuk LCD

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

dari alat). Jadi dia per setengah jam (30 menit) ngambil data. Selanjutnya untuk gas-gas, gas-gas ada ozon (O3), ada SO2, ada NO2 sama CO. Jadi ini semua datanya 24 jam terus-menerus ngambil data. Untuk alat CO saat ini lagi rusak (Saat pengambilan data alat CO dan NO2 rusak). Jadi pembacaannya tidak stabil. Selainnya masih bagus.

(Kemudian Pandu dan ibu Vina keluar dari ruangan alat dan berdiri di depan kantor).

Pandu :

Baiklah, setelah melakukan pengujian menggunakan listrik dari PLN nantinya kita akan menguji listrik dari panel surya. Nah, untuk sekarang kita sudah melihat alat dari P3E KLHK dan sudah dibantu banyak oleh bu Vina. Oleh karena itu, saya ingin berterima kasih banyak kepada ibu Vina dan staf lain dari P3E KLHK karena sudah menerima saya penelitian disini dan sudah banyak membantu saya (sambil bersalaman). Baiklah, nantinya kita menguji alat dan untuk sekarang cukup sekian.

Sesi wawancara telah berakhir, berikutnya adalah melakukan pengujian alat.

Pandu :

Baiklah, sekarang kita akan melakukan pengujian pada panel surya karena alat sudah melakukan pengujian selama 24 jam dari listrik PLN mulai tanggal 11 Desember pukul 10 pagi sampai tanggal 12 Desember pukul 10 pagi. Nah, sekarang kita akan melakukan pengujian pada panel surya. Yang pertama kita lakukan yaitu sambungan dari PLN, kita akan mematikan saklar dari alat (Saklar dimatikan dan steker dicabut). Baiklah, disini sudah ada konektor dari power supply, konektor 9 volt dan 5 volt yang nantinya akan disambungkan pada panel surya. Output dari solar charge controller ada 9 volt untuk Arduino yang diturunkan menggunakan IC regulator 7809 dan output tegangan 5 volt untuk sensor yang diturunkan menggunakan IC regulator 7805. Kita akan lihat, sekarang kita akan melakukan pengukuran pada output solar charge controller. Kita akan mengukur pada konektor 9 volt. Bisa kita lihat pada multimeter, tegangan yang terukur adalah 8,99 volt (multimeter digital menampilkan angka 8,99). Berarti tegangan ini bisa digunakan. Berikutnya pengukuran pada konektor 5 Volt. Hasil pengukuran adalah 4,94 volt (multimeter digital menampilkan angka 4,94). Berikutnya pengukuran input dari panel surya. Tegangan input dari panel surya yaitu 12,9 volt (multimeter digital

menampilkan angka 12,9). Berikutnya kita akan mengukur tegangan yang masuk ke baterai. Tegangan yang masuk pada baterai adalah 12,8 volt (multimeter digital menampilkan angka 12,8). Berikutnya kita akan mengukur output dari kontroller panel surya. Output dari kontroller adalah 12,8 volt (multimeter digital menampilkan angka 12,8). Tegangan output dari kontroller akan dibagi secara parallel menjadi 5 volt untuk sensor dan 9 volt untuk Arduino. Baiklah, inilah pengujian pada panel surya. Nah, pada pengujian panel surya kita tidak lagi colokan ini (steker), tapi kita menggunakan konektor dibelakang power supply yang terhubung pada kontroller panel surya. Nah, konektor ini menghubungkan tegangan 9 volt untuk Arduino dan tegangan 5 volt untuk sensor. Dari pengujian ini kita hidupkan saklar solar charge controller pada program enam titik mengalir listrik kepada Arduino dan kepada sensor. Kesimpulannya, pengujian ini sudah berhasil dan alat berjalan dengan baik.

Wawancara dan pengujian tersebut sudah divideokan dan dapat diakses pada :

Link : <https://drive.google.com/file/d/1-QNvXVyFh-A8-pVTKLE7a321qTQBt5Sg/view>

Ukuran Video : 772 MB

Durasi Video : 12 Menit

Kualitas Video : 1080p

Catatan : Video wawancara di BMKG Riau digabung dengan video wawancara di Pusat Pengendalian Pembangunan Ekoregion Sumatera, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (P3E Sumatera, KLHK)

Cara download video :

1. Buka link yang sudah disebutkan di atas.
2. Klik ikon download pada pojok kanan atas, lalu setelah tampil peringatan dari google karena file terlalu besar klik tetap download (jika ingin terus mendownload).
3. Tunggu sampai video selesai didownload.



DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Pandu Anugrah, lahir di Pariaman pada 2 Mei 1996 sebagai anak pertama dari enam bersaudara. Putera dari Ayahanda Nasril dan Ibunda Siti Budiman beralamat di KM 04 RT 024 RW 009 Desa Sungai Gantang Kecamatan Kempas Kabupaten Indragiri Hilir Riau. Penulis dapat dihubungi pada :

Email : panugrah906@gmail.com

HP : 085271947839

Pengalaman pendidikan yang dimulai dari Sekolah Dasar Negeri 022 Tampan Pekanbaru (sekarang berubah nama menjadi Sekolah Dasar Negeri 111 Pekanbaru) tahun 2002 - 2008. Selanjutnya penulis menyelesaikan pendidikan di Madrasah Tsanawiyah Darul Hikmah Pekanbaru tahun 2008 – 2011 dan meneruskan pendidikan di Sekolah Menengah Atas Negeri 2 Enok Indragiri Hilir Riau tahun 2011 – 2014. Setelah tamat SMA, penulis melanjutkan pendidikan kuliah pada tahun 2014 dengan mendaftar sebagai mahasiswa Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau. Penulis menyelesaikan kuliah pada 26 Desember 2019 dengan penelitian Tugas Akhir yang berjudul **“Rancang Bangun Sistem Pengukuran dan Pemantauan Tingkat Pencemaran Udara Berbasis *Intenet of Things* (IoT)”**.

UIN SUSKA RIAU